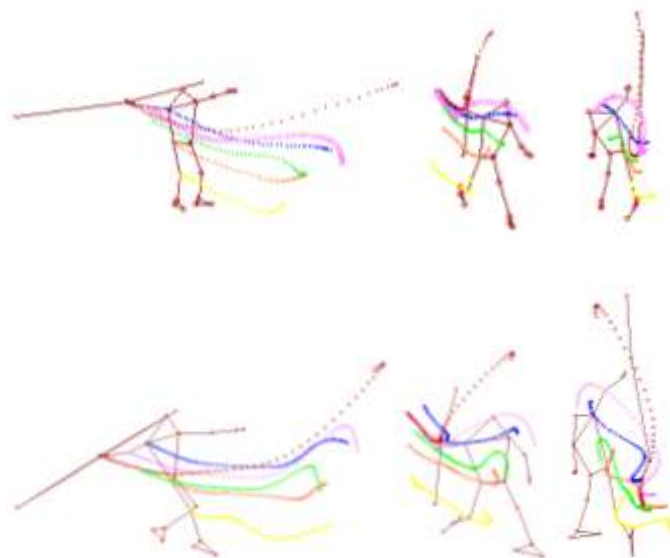


Biomecânica – 3º Ano – 2º Semestre

Projeto Biomecânico

23/07/2012

Análise do desempenho de atletas no lançamento do dardo



Orientadores:

Professor João Matias

Professor Paulo Gameiro

Professor Nuno André

Projeto elaborado por:

Diogo Correia 2080808

Agradecimentos

Durante o processo de aquisição de conhecimento e de realização deste estudo foram várias as ajudas diretas ou indiretas para que este trabalho fosse concluído.

Aos professores João Matias, Paulo Gameiro e Nuno André pela disponibilidade no esclarecimento de dúvidas e orientação do projeto.

Ao professor Rui Rúben pela disponibilidade na requisição de material e esclarecimento de dúvidas

Ao professor Pedro Morouço, por acompanhar todo o processo e facilitar prontamente o equipamento necessário para o estudo e apresentações sobre metodologia de treino e força.

Ao fisioterapeuta Ricardo Andrade pelas apresentações sobre o treino da flexibilidade.

A todos os elementos do clube e instituição Juventude Vidigalense por terem acompanhado de perto, prestado auxílio na recolha dos dados e fornecimento de artigos científicos na área desportiva.

Ao técnico Eduardo Moura, responsável pelo treino dos atletas estudados por facultar a sua metodologia de treino, pela disponibilidade e ajuda na recolha de dados e troca de conhecimento do lançamento do dardo.

Ao técnico Paulo Reis pelo fornecimento de artigos científicos.

Aos atletas analisados João Silva, Marta Mendes, Miguel Lavrador e restantes que treinam no Centro Nacional de Lançamentos de Leiria por toda a ajuda prestada.

À Associação distrital de Atletismo de Leiria, ao diretor técnico regional Carlos Carmino, aos juizes distritais e nacionais, aos delegados técnicos de competição José Costa e Hugo Pacheco e ao dirigente da Federação Portuguesa de Atletismo Jorge Salcedo pela permissão, disponibilidade e ajuda na recolha de dados em competição.

A todos os amigos e colegas de curso que me foram ajudando ao longo do curso. Ao João Silva e Filipa Pereira pela aula tutorial sobre o programa APAS – Ariel Dynamics.

Por último mas nada menos importante à família e namorada, pela ajuda prestada nos momentos mais difíceis, em especial aos meus pais Cândia Correia e Acácio Correia por tornarem possível a conclusão desta etapa.

Abreviaturas

-%GC – percentagem de gordura corporal

-Alt. – Altura

-Alt.S. – Altura de saída

-Âng. – Ângulo

-Âng. At. – Ângulo de ataque

-Âng. At. L. – ângulo de ataque lateral

-AVI – Formato vídeo (Audio Video Interleave)

-CAG – Perímetro do braço corrigido

-CCG – perímetro da pantorrilha corrigido

-Cam. Ac. – caminho de aceleração

-Cm – centímetros

-Cot. – Cotovelo

-Dir. – Direita

-Dist. – Distância

-DLT – Direct Linear Transformation

-Esq. – Esquerda

-Est. – Estatura

-F – Diâmetro bi epicondilar do fémur

-F1 – fase 1

-F2 – fase 2

-f1 – momento de início de F1

-f2 – momento de inicio de F2

-f3 – momento de final de F2

-FB – diâmetro bi-epicondilar do fémur

-Fem. – Feminino

-Flex. – Flexão

-gr. – Gramas

H – Altura

-HB – Diâmetro bi-epicondilar do úmero

-HWR – razão entre altura e peso

-IMC – índice de massa corporal

-Kg – quilogramas

-lanç. – Lançamento

-lat. – Lateral

-m – metro

-m/s – metros por segundo

-Masc. - Masculino

-Máx. – Máximo

-MC – massa corporal

-MG – massa gorda

-mm – Milímetro

-MM – massa muscular

-MO – massa óssea

-MR – massa residual

-Nº - número

-PDF – formato de documento (Portable document file)

-RU – diâmetro bi-epicondilar do úmero

-s.d. – sem data

-Vel. – Velocidade

-Vel.S. – velocidade de saída

-S – soma de pregas cutâneas (Tríceps + subescapular + supra ilíaca + abdominal + coxa + pantorrilha)

-X – soma de pregas cutâneas (Tríceps + subescapular + supra ilíaca) multiplicado por 170,18/altura (cm)

Resumo

O trabalho desenvolvido teve como missão a análise do desempenho dos atletas lançadores de dardo. Com a colaboração dos atletas da Juventude Vidigalense foi possível fazer vários tipos de análise, entre as quais cinemétrica, morfológica e de condição física. Caracterizou-se também a metodologia de treino a que os atletas estão sujeitos. No final, e através de equações de trajetória de projeteis simularam-se vários lançamentos para idealizar o melhor lançamento que os atletas poderiam alcançar e perceber as influências aerodinâmicas a que o dardo está sujeito.

No que diz respeito ao lançamento, apenas se analisou a parte final, ou seja a partir do momento em que o pé direito toca no solo pela última vez. Esta parte do lançamento, em conformidade com a literatura, foi dividida em três momentos cruciais, f_1 , f_2 e f_3 . Os parâmetros cinemáticos foram avaliados em cada uma destas posições e também entre elas, calculando a média destes valores dos vários lançamentos, chegando assim a uma padronização da execução técnica de cada atleta. A caracterização da condição física é feita todas as épocas pelo treinador, sendo que os dados referentes a esta época foram analisados e inseridos neste projeto.

O desempenho dos atletas teve uma progressão ao longo do estudo, notando-se diferença entre a análise em treino (período de força especial) e a análise em competição (período de competição). A atleta A mostrou ter bons índices de força, explosividade e flexibilidade, o atleta B bons valores de força e explosividade mas fraca flexibilidade e o atleta C boa velocidade e flexibilidade mas pouca força. Conseguiu-se informar os atletas que mudanças poderiam fazer à sua técnica, moldando os seus pontos fortes à execução do lançamento, em conjunto com o treinador. Foi verificado que quando os atletas aumentam a velocidade de execução em relação à sua média, a sua performance técnica diminui, sendo necessário encontrar um termo entre os dois parâmetros.

Palavras-Chave: lançamento do dardo, execução técnica, análise.

Abstract

The study had as its mission the performance analysis of javelin throwers. With the cooperation of athletes of Juventude Vidigalense was possible to make various types of analysis, including kinematic, morphological and physical condition. Was characterized the method and the training that athletes do. In the end, and through equations that's simulate trajectory of projectiles, have been simulated throws with best parameters of release, to devise the best distance that athletes could achieve and realize the aerodynamic influences that the javelin is subject, through comparison between theoretical (by equations) and practical distances.

With regard to the throw was only analyzed the final part, i.e. the moment in which the right foot touches the ground at his last time. This part of the release, in accordance with the literature, was divided into three time critical, f_1 , f_2 and f_3 . Kinematic parameters were evaluated in each of these positions and also between them, averaging these values of the various releases, thus reaching a standardization of the technical implementation of each athlete. The characterization of the physical condition is made by the coach, and the data for this period were analyzed and entered into this project.

The performance of the athletes took a progression throughout the study, noting the difference between the analysis in training (a period of special force) and the analysis of competition (competition period). The athlete A was shown to have good levels of strength, explosiveness and good flexibility, athlete B shown great values of strength and explosiveness but weak flexibility and athlete C shown good speed and flexibility values but little strength. We managed to inform athletes who could make changes to them technique, shaping their strengths to implement the release. It was found that when athletes increase the running speed in relation to their mean, decreases its technical performance and it is necessary to find a compromise between the two parameters.

Keywords: javelin throws, technique, analysis.

Índice

| | |
|---|------|
| Agradecimentos | ii |
| Abreviaturas | iv |
| Resumo | vii |
| Abstract | viii |
| Índice de tabelas | xiii |
| Índice de gráficos | xv |
| Índice de figuras | xvi |
| Capítulo 1 | 1 |
| 1.1 Introdução | 1 |
| 1.1.2 Motivação do estudo | 1 |
| 1.1.3 Objetivos | 2 |
| 1.1.4 Limitações | 2 |
| 1.1.5 Capítulos do trabalho | 3 |
| Capítulo 2 | 5 |
| 2.1 Lançamento do dardo | 5 |
| 2.1.1 História da modalidade | 5 |
| 2.1.2 Atualidade da modalidade | 9 |
| 2.1.3 Lançamento do dardo | 11 |
| 2.1.3.1 Escalões | 11 |
| 2.1.3.2 Regras e especificações no lançamento do dardo | 12 |
| 2.1.3.3 Técnica de lançamento | 15 |
| Capítulo 3 | 26 |
| 3.1 Biomecânica no lançamento do dardo | 26 |
| 3.1.1 Investigação Biomecânica de <i>Helenberger et al.</i> | 26 |

| | |
|---|----|
| 3.1.2 Investigação Biomecânica <i>Campos et al</i> | 28 |
| 3.1.3 Investigação Biomecânica de <i>Morriss et al</i> | 30 |
| 3.1.4 Investigação Biomecânica de <i>Xu et al</i> | 34 |
| 3.1.5 Investigação Biomecânica de <i>Korean Society of Sport Biomechanics, 2011</i> | 36 |
| 3.1.6 Investigação Biomecânica de <i>Campos, Brizuela e Ramón</i> | 36 |
| 3.1.7 Investigação Biomecânica de <i>Coh et al (2001)</i> | 39 |
| 3.1.8 Investigação Biomecânica de <i>Mahmud (2009)</i> | 40 |
| 3.2 Antropometria..... | 41 |
| 3.2.1 Medições antropométricas | 42 |
| 3.2.1.1 Estatura | 43 |
| 3.2.1.2 Perímetro medial da coxa | 43 |
| 3.2.1.3 Perímetro medial da pantorrilha..... | 43 |
| 3.2.1.4 Perímetro do braço flexionado | 44 |
| 3.2.1.5 Prega tricipital | 44 |
| 3.2.1.6 Prega subescapular | 44 |
| 3.2.1.7 Prega supra ilíaca | 45 |
| 3.2.1.8 Prega abdominal | 45 |
| 3.2.1.9 Diâmetro bi-epicondilar do úmero..... | 45 |
| 3.2.1.10 Diâmetro bi-epicondilar do fémur | 46 |
| 3.2.1.11 Massa total..... | 46 |
| 3.2.2 Somatótipo..... | 47 |
| 3.2.3 Composição corporal | 50 |
| Capítulo 4 | 53 |
| 4.1 Metodologia | 53 |
| 4.1.1 Análise tridimensional..... | 54 |
| 4.1.1.1 Procedimentos de filmagem tridimensional..... | 54 |
| 4.2 Amostra | 55 |
| 4.2.1 Caracterização da amostra..... | 55 |

| | |
|---|-----|
| 4.3 Métodos utilizados | 55 |
| 4.4 Materiais | 59 |
| 4.4.1 APAS – <i>Ariel Dynamics System</i> | 60 |
| 4.4.2 Somatotype | 61 |
| 4.4.3 Matlab/Simulink | 61 |
| 4.4.4 Microsoft Excel | 61 |
| 4.5 Procedimentos | 62 |
| Capítulo 5 | 64 |
| 5.1 Resultados e discussão | 64 |
| 5.1.1 Análise do desempenho no lançamento | 64 |
| 5.1.1.1 Análise quantitativa | 64 |
| 5.1.1.2 Análise qualitativa | 76 |
| 5.1.2 Análise morfológica | 82 |
| 5.1.2.1 Distribuição de massa corporal | 83 |
| 5.1.2.2 Somatótipo | 85 |
| 5.1.3 Condição física | 86 |
| Capítulo 6 | 90 |
| 6.1 Lançamento ideal | 90 |
| Capítulo 7 | 97 |
| 7.1 Conclusão | 97 |
| 7.1.1 Trabalhos futuros | 99 |
| Referências bibliográficas | 100 |
| Apêndice A | 106 |
| Pico de velocidade articular | 106 |
| Apêndice B | 111 |
| Velocidade c.g. | 111 |
| Apêndice C | 114 |

| | |
|--|-----|
| Tabelas de testes de condição física | 114 |
| Apêndice D | 117 |
| Cartas do somatótipo | 117 |
| Apêndice E | 119 |
| Treino | 119 |
| Caracterização do treino | 119 |
| Exercícios de treino | 121 |
| Alongamento com dardo | 122 |
| Máquina de lançamento | 122 |
| Lançamento de bola pesada | 123 |
| Anexo A | 124 |
| Gráficos e tabelas de comparação. | 124 |

Índice de tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 1 Os dez melhores atletas masculinos de sempre no lançamento do dardo (IAAF, 1996-2009) | 7 |
| Tabela 2 As dez melhores atletas femininas de sempre no lançamento do dardo (IAAF, 1996-2009) | 8 |
| Tabela 3 Ranking mundial masculino da época 2011/2012 até Junho (IAAF, 2012) | 9 |
| Tabela 4 Ranking mundial masculino da época 2011/2012 até Junho (IAAF, 2012) | 10 |
| Tabela 5 Regulamentação e limitação de dimensão do dardo (IAAF, 2012) | 14 |
| Tabela 6 descrição geral das fases da técnica de lançamento (Tidow, s.d.) | 22 |
| Tabela 7 Excerto da tabela de somatótipo de atletas de várias modalidades (DELGADO, 2004) | 50 |
| Tabela 8 Caracterização da amostra | 55 |
| Tabela 9 Recolha de imagem | 57 |
| Tabela 10 Recolha de imagem | 58 |
| Tabela 11 Recolha de imagem | 59 |
| Tabela 12 Resultados desportivos da amostra | 65 |
| Tabela 13 Parâmetros de saída, média e melhor lançamento, atleta A | 65 |
| Tabela 14 Resultado e parâmetros de saída, média e melhor lançamento, atleta A | 66 |
| Tabela 15 Ângulos dos membros inferiores, atleta A | 67 |
| Tabela 16 Ângulos do segmento superior de lançamento, atleta A | 68 |
| Tabela 17 Caminho de aceleração do joelho, anca, ombro e mão, atleta A | 69 |
| Tabela 18 Parâmetros de saída, média e melhor lançamento, atleta B | 70 |
| Tabela 19 Resultado e parâmetros de saída, média e melhor lançamento, atleta B | 70 |
| Tabela 20 Ângulos dos membros inferiores, atleta B | 71 |
| Tabela 21 Ângulos do segmento superior de lançamento, atleta B | 72 |
| Tabela 22 Caminho de aceleração do joelho, anca, ombro e mão, atleta B | 72 |
| Tabela 23 Parâmetros de saída, pior e melhor lançamento, atleta C | 73 |
| Tabela 24 Resultado e parâmetros de saída, pior e melhor lançamento, atleta C | 74 |
| Tabela 25 Ângulos dos membros inferiores, atleta C | 75 |
| Tabela 26 Ângulos do segmento superior de lançamento, atleta C | 75 |
| Tabela 27 Caminho de aceleração do joelho, anca, ombro e mão, atleta C | 76 |

| | |
|---|----|
| Tabela 28 Composição corporal atleta A | 83 |
| Tabela 29 Composição corporal atleta B | 84 |
| Tabela 30 Composição corporal atleta C..... | 84 |
| Tabela 31 Somatótipo dos atletas..... | 85 |
| Tabela 32 Cálculo do valor teórico médio e estabelecimento da diferença. Atleta A..... | 92 |
| Tabela 33 Melhores parâmetros de saída atleta A – competição | 93 |
| Tabela 34 Melhores parâmetros de saída atleta A – treino..... | 93 |
| Tabela 35 Cálculo do valor teórico médio e estabelecimento da diferença. Atleta B | 93 |
| Tabela 36 Melhores parâmetros de saída atleta B – competição | 94 |
| Tabela 37 Melhores parâmetros de saída atleta B – treino..... | 94 |
| Tabela 38 Cálculo do valor teórico médio e estabelecimento da diferença. Atleta C | 94 |
| Tabela 39 Melhores parâmetros de saída atleta C – competição..... | 95 |
| Tabela 40 Comparação das distâncias teóricas e acertadas com a real | 95 |

Índice de gráficos

| | |
|--|----|
| Gráfico 1 Tempo médio de fases em treino e competição atleta A | 77 |
| Gráfico 2 Tempo médio de fases em treino e competição atleta B..... | 79 |
| Gráfico 3 Tempo médio de fases em treino e competição atleta C..... | 81 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 Eric Lemming nos Jogos Olímpicos 1912 (chinadaily, 2007) | 6 |
| Figura 2 Babe Didrikson no lançamento do dardo (Rosenbaum, s.d.)..... | 6 |
| Figura 3 Recordistas mundiais no lançamento do dardo, Jan Zelezný e Barbora Spotáková, respetivamente (trackandfield, 2008), (nicolamira, 2012) | 7 |
| Figura 4 Recordistas de Portugal no lançamento do dardo, Tiago Aperta e Sílvia Cruz, respetivamente. (oindefectivel, 2012), (SAPO, s.d.) | 9 |
| Figura 5 Regulamentação e amostra da composição do setor de corrida de lançamento e zona de queda (IAAF, 2012)..... | 13 |
| Figura 6 Dardo (Nordic, s.d.) | 15 |
| Figura 7 Pega estilo finlandesa..... | 16 |
| Figura 8 Pega estilo americana | 16 |
| Figura 9 Pega em “V” | 16 |
| Figura 10 Corrida frontal do lançamento; Elias Leal, ex. recordista nacional na taça da Europa de lançamentos 2009 | 17 |
| Figura 11 Transição estilo finlandesa (Geinaert, s.d.) | 18 |
| Figura 12 Transição estilo sueca (Nemeth, s.d.) | 18 |
| Figura 13 Passo de impulso (Tidow, s.d.) | 19 |
| Figura 14 Chegada do primeiro apoio ao solo e entrada para o bloco (Tidow, s.d.) | 20 |
| Figura 15 Pormenor do impulso dado pelo apoio direito e conseqüente arco corporal (Tidow, s.d.)..... | 20 |
| Figura 16 Arco de tensão nos músculos do tronco e braço (Tidow, s.d.) | 21 |
| Figura 17 Saída do dardo (Tidow, s.d.)..... | 21 |
| Figura 18 Ângulos no momento de saída do dardo (Robert Rich, s.d.) | 24 |
| Figura 19 Ângulos no momento de saída do dardo (Calvin Morriss, s.d.) | 24 |
| Figura 20 Modelos biomecânicos obtidos pela análise a atletas de elite, na posição de preparação e no momento de saída (Calvin Morriss, s.d.) | 34 |
| Figura 21 Estatura (Fátima Oliveira, 2003)..... | 43 |
| Figura 22 Perímetro medial da coxa 22 (Fátima Oliveira, 2003)..... | 43 |
| Figura 23 Perímetro da pantorrilha (Fátima Oliveira, 2003)..... | 44 |
| Figura 24 Perímetro do braço flexionado (DELGADO, 2004) | 44 |
| Figura 25 Prega tricipital (DELGADO, 2004) | 44 |

| | |
|---|-----|
| Figura 26 Prega subescapular (DELGADO, 2004) | 45 |
| Figura 27 Prega supra ilíaca (DELGADO, 2004) | 45 |
| Figura 28 Prega abdominal (DELGADO, 2004) | 45 |
| Figura 29 Diâmetro bi-epicondilar do úmero (DELGADO, 2004) | 46 |
| Figura 30 Diâmetro Bi-epicondilar do fêmur (DELGADO, 2004) | 46 |
| Figura 31 Medição de massa total (DELGADO, 2004) | 46 |
| Figura 32 Imagem do programa Somatotype v 1.2.2, M E R Goulding Software Development | 56 |
| Figura 33 Volume de calibração; Sistema de coordenadas; tamanhos de segmentos do volume (cm). | 57 |
| Figura 34 Modelo biomecânico de 19 pontos..... | 62 |
| Figura 35 Momentos separadores das fases..... | 63 |
| Figura 36 Modelo biomecânico nas três posições de fase; trajetória do dardo na fase final de lançamento atleta A..... | 78 |
| Figura 37 Modelo biomecânico nas três posições de fase; trajetória do dardo na fase final de lançamento atleta B..... | 80 |
| Figura 38..... | 82 |
| Figura 39 Modelo biomecânico nas três posições de fase; trajetória do dardo na fase final de lançamento atleta C..... | 82 |
| Figura 40 Exercício 1 (Bartonietz, 2006) | 122 |
| Figura 41 Máquina de lançamento com Boris Henry (Bartonietz, 2006)..... | 123 |
| Figura 42 Exercício 3, bola pesada (Stander, s.d.)..... | 123 |

“Um lançador de dardo tem a força de um lançador, a velocidade de um velocista, a potência de impulsão de um saltador e a coordenação de um ginasta.”

(Jan Zelezný)

“Ser derrotado é normalmente uma condição temporária. Desistir é o que a faz permanente.”

(Marilyn vos Savant)

Capítulo 1

1.1 Introdução

A investigação aqui explicitada foi realizada no âmbito da unidade curricular Projeto Biomecânico, do curso de Biomecânica do Instituto Politécnico de Leiria.

A biomecânica na área do desporto atua de forma a potenciar o rendimento dos atletas, para obterem os resultados pretendidos. Este projeto direciona-se nesse sentido, passando por estudar um determinado grupo de atletas, as condições de treino e os engenhos.

Produzir uma investigação biomecânica envolve várias metodologias, das quais se deve pesquisar e escolher a mais adequada ao que se pretende analisar. Para este trabalho foi decidido fazer uma investigação, caracterização e análise do desempenho de atletas lançadores de dardo, de modo a identificar as valências e dificuldades existentes na prática da modalidade.

Durante a investigação identificaram-se alguns aspetos do lançamento a serem melhorados e apresentam-se soluções, como por exemplo, exercícios de treino. Analisaram-se os aspetos cinemáticos do lançamento, aspetos posicionais, duração de fases. Também se fez uma pequena análise às características físicas e fisionómicas dos atletas e ainda se explicou como o treinador esquematiza o seu treino.

Além da técnica de lançamento ter bases gerais os atletas analisados têm parâmetros da execução técnica diferentes e próprias, pelo que se deve tentar encontrar a forma ideal de lançamento, através das características físicas e mentais do atleta.

1.1.2 Motivação do estudo

O estudo do desempenho de atletas lançadores de dardo mostrou-se de grande interesse pela proximidade do autor à modalidade. Em Leiria, são alguns os atletas que são dos melhores a nível nacional, pelo que a investigação ganhou importância. Ao identificar aspetos passíveis de melhora poder-se-á aumentar o rendimento dos atletas face à competição.

São poucos os atletas que já representaram a seleção nacional em competições internacionais no lançamento do dardo, pelo que se torna importante formar os jovens atletas da melhor forma, para atingirem os seus objetivos e sonhos.

1.1.3 Objetivos

O projeto pretende, de uma forma geral, caracterizar e avaliar os melhores lançadores do escalão de juvenis do clube Juventude Vidigalense, de forma a potenciar o seu rendimento desportivo. Para tal percebeu-se que era necessário caracterizar a morfologia, condição física dos atletas e comparar os resultados entre eles e de atletas de um bom nível, analisar os vídeos de lançamentos e entender a forma como os atletas executam a técnica, analisando de forma qualitativa e quantitativamente. Bartlett 1999

Outro objetivo fundamental é o de indicar correções posturais aos atletas logo a seguir às análises, em conjunto com os treinadores.

Realizar uma simulação de voo do dardo com os melhores valores de todos os lançamentos em treino e competição para encontrar a distância ideal que o atleta poderia obter. Também se pretende comparar a distância obtida no melhor lançamento com a distância calculada através dos valores de saída do dardo, servindo assim para perceber as influências aerodinâmicas.

Encontrar uma relação entre as características físicas e a execução técnica de lançamento mais apropriada.

1.1.4 Limitações

Um aspeto muito importante é o estado psicológico do atleta, que influencia a sua atitude em treino e competição, mas é um aspeto sensível e de difícil análise.

Não foi possível avaliar fatores externos aos atletas, como por exemplo ambientais, como o estado meteorológico, que influencia diretamente o atleta no seu desempenho em pista mas também indiretamente, por exemplo nas forças aerodinâmicas do dardo.

Durante a recolha de imagens em competição sentiram-se dificuldades no controlo das câmaras, para que não houvesse obstruções de vistas, comprometendo de alguma forma a sua posterior edição.

A edição das filmagens mostrou ser um processo demorado, pois foi feito manualmente. Para este processo ser efetuado de forma automática era necessário a colocação de marcas bem visíveis nos atletas. Foi tentado em treino com um fato de 'LED', mas sem sucesso, pois o

programa computacional utilizado para edição de imagens não reconhece a emissão de luz recorrida. Em competição é de todo impossível recorrer à utilização de marcas, devido à legislação de competição.

Por ser um estudo que avalia muitos parâmetros, o estudo não fica disponível instantaneamente, chegando ao treinador com alguma demora. Os resultados avaliados e as conclusões tiradas só serão implementados na próxima época pelo treinador, pelo que os aspetos a melhorar só surtirão efeito a longo prazo, até porque novas implementações no treino têm diferentes respostas por parte dos atletas e o tempo de aprendizagem é algo demorado e meticuloso.

A maior limitação na análise aos dardos de treino foi a impossibilidade de efetuar ensaios mecânicos aos dardos utilizados no Centro Nacional de Lançamentos de Leiria, pois os ensaios pretendidos põem em causa a sua qualidade para uso futuro, devido a serem engenhos sensíveis. Os ensaios mecânicos teriam como finalidade a caracterização dos tipos de engenho com que os atletas treinam.

1.1.5 Capítulos do trabalho

O relatório da pesquisa está separado em sete capítulos principais. Durante os capítulos: introdução, descrição do lançamento do dardo e envolventes, estudos biomecânicos na área e teorias de antropometria, metodologia, apresentação e discussão de resultados, simulação ideal, conclusão são apresentados os meios disponíveis para analisar o desempenho dos três atletas no lançamento do dardo. No apêndice E é apresentada a metodologia de treino dos atletas.

No capítulo 1 pode-se obter a informação geral acerca da motivação, dos objetivos e das limitações.

No capítulo 2 encontra-se uma breve investigação sobre a história da modalidade e a atualidade da mesma. Também se dá ao leitor o conhecimento sobre o regulamento que condiciona a modalidade e os engenhos, assim como os traços gerais da execução técnica do lançamento.

No capítulo 3 são apresentados estudos já realizados na área e ainda as bases de antropometria, para o leitor se enquadrar nas designações da ciência e perceber como se realizaram as experiências.

O capítulo 4 é onde se mostra a metodologia utilizada, mostrando o modo de realização das várias investigações, apresentando-se a amostra, os materiais requeridos e os procedimentos utilizados para chegar aos fins.

No capítulo 5 são apresentados e discutidos os resultados, de forma criteriosa, ao desempenho e comportamento durante o lançamento da cada atleta e a morfologia dos atletas. Apresenta-se a forma como o treinador avalia a condição física dos atletas.

No capítulo 6 reúnem-se alguns valores determinantes no desempenho do lançamento apresentados no capítulo 5, faz-se uma simulação ao voo do dardo, obtendo a otimização de lançamento para cada atleta, segundo os melhores valores recolhidos, para a maximização da distância.

O capítulo 7 é composto pelas conclusões retiradas após o tratamento e análise de todos os parâmetros. Ainda se indicam que trabalhos futuros de maior interesse se podem fazer no seguimento deste e na área.

Nos apêndices está a informação adicional à análise e nos anexos, alguns elementos de vários autores, usados para comparação com a presente análise.

Capítulo 2

2.1 Lançamento do dardo

Ao longo desta primeira abordagem trata-se do enquadramento da evolução do lançamento do dardo desde os seus primórdios até à atualidade. São mostradas as regras e especificações do dardo e do lançamento, assim como as bases técnicas de execução que a modalidade acarreta.

2.1.1 História da modalidade

O lançamento do dardo é a modalidade dentro do atletismo que maior ligação tem à guerra antiga. Na era micênica e do império Romano o dardo era usado como arma de arremesso, mais leve que a lança, podia ser arremessado com impulso prévio, obtendo uma maior distância de ataque ao inimigo. Mesmo assim o dardo utilizado no desporto era mais leve que para fins militares, pois o objetivo era a distância e não repassar o inimigo. Nestes dardos o encordoado não existia, em vez disso usava-se uma tira de couro enrolada a meio do dardo. Isto servia para dar ao dardo um voo em espiral. O lançamento do dardo foi introduzido no pentatlo dos Jogos Olímpicos antigos. Estima-se que a partir do ano 780 A.C., os gregos faziam dardos de madeira de oliveira com cerca de 400 gramas de peso e entre 2,30 e 2,40 metros de comprimento. Faziam-se duas especialidades, uma para avaliar a distância e outra para acertar num alvo. (Eric Geirnaert, s.d.)

Já no século XIX o lançamento do dardo foi aperfeiçoado pelos povos do norte da Europa, que ainda na atualidade são especialistas nesta modalidade. Os dardos usados eram feitos de madeira dura com 2,60 metros de comprimento e 800 gramas de peso como nos dias de hoje. O primeiro registo de uma competição na era moderna data de 1886 na Suécia, onde o vencedor foi o sueco A. Wiger com 33,81 metros. O Sueco Eric Lemming fixou o record mundial em 1906 nos jogos olímpicos não oficiais em Atenas com 53,89 metros. Já em 1908, nos jogos olímpicos oficiais de Londres foi também campeão com a distância de 54,83 que constituía record olímpico, também por ele batido nos jogos de 1912 em Estocolmo com 60,64 metros. O recorde mundial ficaria registado em 62,32 metros de Eric Lemming também nesse ano. Mais tarde os finlandeses tornaram-se os grandes especialistas da modalidade, através dos lançadores Eino Penttila e Matti Jarvinea. (Eric Geirnaert, s.d.)



Figura 1 Eric Lemming nos Jogos Olímpicos 1912 (chinadaily, 2007)

A primeira aparição do lançamento do dardo nos jogos olímpicos oficiais foi em 1908 em Londres, apenas para atletas masculinos, tendo a sua primeira aparição em femininos em 1932 nos jogos olímpicos de Los Angeles. O primeiro atleta medalhado em jogos olímpicos oficiais foi Eric Lemming das Suécia com um lançamento de 54,83 metros em 1908. A maior distancia obtida nesta competição foi em 1976 por Miklos Nemeth com 94,58 metros. Em 1932 a americana Babe Didrikson ganhou a primeira medalha feminina com a distância de 43,68 metros. (Kubatko, s.d.)



Figura 2 Babe Didrikson no lançamento do dardo (Rosenbaum, s.d.)

Variantes desta modalidade foram aparecendo e desaparecendo ao longo dos jogos olímpicos, como por exemplo o lançamento a duas mãos em 1912. Consistia no lançamento com cada uma das mãos e posterior soma das distâncias. (Editora, 2003-2012)

Ao longo da era moderna várias modificações têm sido feitas aos engenhos. A maior mudança foi após o lançamento de 104,80 metros em 1984, por Uwe Hohn da Alemanha, passando o anterior record de 99,72 metros de Tom Petranoff dos Estados Unidos da América. Esta não foi a principal razão das modificações posteriores no dardo, sendo que as alterações foram feitas prioritariamente, para um melhor ajuizamento na queda do engenho, sendo difícil fazer uma medição correta e também validar ou não o lançamento se o dardo não deixar marca visível. A

alteração que se seguiu em 1986 foi a de mover o centro de gravidade 4 centímetros para frente do centro de pressão e a ponta menos aerodinâmica, para que a ponta do dardo caísse primeiro no chão. Após esta modificação novos recordes começaram a ser registados. Em 1986 Klaus Tafelmeier da Alemanha fez o record de 85,74 metros, e pelos anos seguintes vários atletas se seguiram destacando-se o lançador Jan Zelezny da Republica Checa em 1993 ao lançar 95,66 metros, sendo que 3 anos depois em 1996 obtém o atual record mundial de 98,48 metros. Em 1999 dá-se a mesma alteração para os dardos das mulheres, movendo o centro de gravidade para frente do de pressão. Em 1988, Petra Felke da Alemanha foi a primeira mulher a chegar aos 80 metros com 80,00. O recorde mundial, de acordo com as atuais especificações, é de Barbora Spotáková da Republica Checa com 72,28 metros, atingidos em 2008. (Dunn, 2009)



Figura 3 Recordistas mundiais no lançamento do dardo, Jan Zelezny e Barbora Spotáková, respetivamente (trackandfield, 2008), (nicolamira, 2012)

De seguida mostram-se os dez melhores lançadores de sempre desde as modificações ao engenho em 1986. De entre eles destaca-se o recordista mundial Jan Zelezny que passou a mítica marca de 90 metros por mais de 30 vezes, seguido pelo finlandês Aki Parviainen que fez esse feito por 8 vezes. (IAAF, 1996-2009)

Tabela 1 Os dez melhores atletas masculinos de sempre no lançamento do dardo (IAAF, 1996-2009)

| Atleta | Nacionalidade | Marca | Ano |
|------------------------|---------------|-------|------|
| Jan Zelezny | Rep. Checa | 98,48 | 1996 |
| Aki Parviainen | Finlândia | 93,09 | 1999 |
| Sergey Makarov | Rússia | 92,61 | 2002 |
| Raymond Hecht | Alemanha | 92,60 | 1995 |
| Konstadinós Gatsioudis | Grécia | 91,69 | 2000 |
| Andreas Thorkildsen | Noruega | 91,59 | 2006 |
| Tero Pitkämäki | Finlândia | 91,53 | 2005 |
| Steve Backley | Grã-Bretanha | 91,46 | 1992 |
| Breaux Greer | E.U.A | 91,29 | 2007 |
| Vadims Vasilevskis | Letónia | 90,73 | 2007 |

Lista retirada do sítio da internet da IAAF, que contém as melhores marcas de atletas em todo mundo desde 1986. De destacar que a nação com mais lançadores presentes nesta lista é a Finlândia com 20 atletas, seguida da Alemanha com 18 atletas.

Em femininos a melhor atleta de sempre é a checa Barbora Spotáková ao ter passado os 70 metros por 3 vezes com o melhor de 72,28, seguida pela Olisdeilys Menéndez de Cuba também com 3 lançamentos acima dos 70 metros mas com recorde pessoal inferior (71,70 metros), antigo recorde do mundo. As dez melhores atletas de sempre estão apresentadas na tabela 2. (IAAF, 1996-2009)

Tabela 2 As dez melhores atletas femininas de sempre no lançamento do dardo (IAAF, 1996-2009)

| Atleta | Nacionalidade | Marca | Ano |
|----------------------------|----------------------|--------------|------------|
| Barbora Spotáková | Rep. Checa | 72,28 | 2008 |
| Maria Abakumova | Rússia | 71,99 | 2011 |
| Olisdeilys Menéndez | Cuba | 71,70 | 2005 |
| Christina Oberqföf | Alemanha | 70,20 | 2007 |
| Trine Hattestad | Noruega | 69,48 | 2000 |
| Sunette Viljoen | África do sul | 69,35 | 2012 |
| Steffi Nerius | Alemanha | 68,34 | 2008 |
| Sonia Bisset | Cuba | 67,67 | 2005 |
| Miréla Manjani | Grécia | 67,51 | 2000 |
| Tatyana Shikolenko | Rússia | 67,20 | 2000 |

Em Portugal não existe grande tradição nesta modalidade. Nas especificações do dardo antes de 1986 o record de Portugal era de 74 metros, passando a ser em 1986, depois dessas modificações, 70,32 por Carlos Cunha em Lisboa, tornando-se o primeiro atleta português a passar a marca dos 70 metros, com as regras pós 1986. Em 1992 João Reis chegou aos 70,56 em Lisboa. Só em 1996 esse record seria quebrado por João Reis com a marca de 70,68 metros e em 1999 Felipe Ventura chegaria aos 72,49 metros em Lisboa. Este recorde só seria quebrado em 2008 por Elias Semedo com 72,73 metros em Castelo de Vide, até o atleta Tiago Aperta em 2011 arremessar o dardo a 73,94 metros em Lisboa. Em 2012 Tiago Aperta chegaria aos 75,55 metros no decorrer da taça da europa de lançamentos de inverno em Bar, Montenegro. (Federação Portuguesa de Atletismo, 2011)

Após as modificações no dardo feminino em 1999 o recorde de Portugal passou a ser 50,77 metros por Helena Gouveia em Funchal, que anteriormente era seu também, mas com a distância de 58,50 metros obtidos também em Funchal. O recorde atual é 59,76 de Sílvia Cruz em Leiria, dominando o panorama nacional desde 2000.



Figura 4 Recordistas de Portugal no lançamento do dardo, Tiago Aperta e Sílvia Cruz, respetivamente. (oindefectivel, 2012), (SAPO, s.d.)

2.1.2 Atualidade da modalidade

O domínio dos países nórdicos europeus no lançamento do dardo ainda continua presente nos dias de hoje, porém a República Checa tem vindo a ter um emergente, também por causa do impulso dado a esta modalidade pelo recordista checo e mundial Jan Zelezný, que continua na modalidade como treinador. Como treinador tem obtido bons resultados com dois atletas a passar os 88 metros (Vítězslav Veselý e Petr Frydrych) e a recordista mundial feminina Barbora Spotáková. Até 20-06-2012 o ranking mundial é liderado por Vítězslav Veselý da Rep. Checa com a marca de 88,11 metros. Esta lista sofrerá, certamente, alterações até ao final da época, pois ainda se irão realizar várias competições, entre as quais, os campeonatos da Europa de atletismo e os Jogos Olímpicos. Desde 2008 até 2011 o lançador da Noruega Andreas Thorkildsen tem liderado a modalidade, obtendo a melhor marca do ano e ganhando competições importantes, como campeonatos do mundo, da Europa, e jogos olímpicos. Em 2011 ficou em segundo lugar, ultrapassado por Matias de Zordo da Alemanha. (IAAF, 1996-2009)

Os dez melhores lançadores mundiais da época 2011/2012 a 20-06-2012 são mostrados na tabela 3.

Tabela 3 Ranking mundial masculino da época 2011/2012 até Junho (IAAF, 2012)

| Atleta | Marca | Nacionalidade |
|-----------------------|-------|---------------|
| Vítězslav Veselý | 88,11 | Rep. Checa |
| Vadims Vasilevskis | 86,50 | Letónia |
| Stuart Farquhar | 86,31 | Nova Zelândia |
| Oleksander Pyatnytsya | 86,12 | Ucrânia |
| Fatih Avan | 85,60 | Turquia |
| Ivan Zaytsev | 85,03 | Uzbequistão |
| Pawel Rakoczy | 84,99 | Polónia |
| Antti Ruuskanen | 84,95 | Finlândia |
| Andreas Thorkildsen | 84,72 | Noruega |
| Roderick Genki Dean | 84,28 | Japão |

Em Portugal o ranking nacional é liderado por Tiago Aperta com 75,55 metros e é o número 115 mundial no escalão de seniores. (IAAF, 1996-2009)

No mundo feminino, o ranking mundial é liderado pela Sul-africana Sunette Viljoen com 69,35 metros seguida da checa Barbora Spotáková com 68,73 metros. Esta lista sofrerá, certamente, alterações até ao final da época, pois ainda se irão realizar várias competições, entre as quais, os campeonatos da europa de atletismo e os Jogos Olímpicos. Nos últimos anos o domínio da modalidade tem sido partilhado por Barbora Spotáková, Christina Oberqföhl e Maria Abakumova, proporcionando intensas competições nos campeonatos importantes, como campeonatos da europa de atletismo, campeonatos do mundo de atletismo e nos jogos olímpicos. (IAAF, 1996-2009)

As dez melhores marcas femininas mundiais da época 2011/2012 a 20-06-2012 são expostas na tabela 4.

Tabela 4 Ranking mundial masculino da época 2011/2012 até Junho (IAAF, 2012)

| Atleta | Marca | Nacionalidade |
|----------------------------|--------------|----------------------|
| Sunette Viljoen | 69,35 | África do Sul |
| Barbora Spotáková | 68,73 | Rep. Checa |
| Christina Oberqföhl | 67,04 | Alemanha |
| Maria Abakumova | 66,86 | Rússia |
| Vira Rebryk | 66,53 | Ucrânia |
| Martina Ratej | 66,24 | Eslováquia |
| HuiHui Lu | 64,95 | China |
| Li Zhang | 64,74 | China |
| Goldie Sayers | 64,73 | Grã-Bretanha |
| Linda Stahl | 64,35 | Alemanha |

Em Portugal o ranking nacional até 20-06-2012 é liderado por Sílvia Cruz com 55,38 obtidos em Lisboa e é a número 87 mundial. (IAAF, 1996-2009), (Federação Portuguesa de Atletismo, 2012)

No escalão de juvenis masculinos (nascidos entre 1995-1996), o ranking mundial é liderado por Pieter Kriel da África do Sul com 76,87 e em juvenis femininos por Margaux Nicollin da França com 56,00 metros. Resultados até 20-06-2012. O recorde mundial de juvenis masculinos é de 89,34 de Braian Toledo da Argentina e de juvenis femininos é 62,93 de Juan Xue da China. (IAAF, 1996-2009)

Em termos nacionais, a 20-06-2012 o juvenil Davidson Borges é o líder da época com 55,52 metros em masculinos. Miguel Lavrador é o terceiro classificado no ranking com 52,33 metros.

Marta Mendes é a líder da época, em femininos com a marca de 45,27 metros. (Federação Portuguesa de Atletismo, 2012)

De salientar que o dardo dos juvenis masculinos tem a massa de 700 gramas e os femininos de 500 gramas.

2.1.3 Lançamento do dardo

2.1.3.1 Escalões

O atletismo é uma modalidade praticada por pessoas de várias idades. Começando nos mais novos onde é incentivado o gosto pelo desporto e onde existe alguma aprendizagem das bases das várias modalidades dentro do atletismo, até aos mais velhos já num panorama de competição. Assim é necessário implementar diferentes escalões por idades, para poder fazer grupos de treino e competição mais adequados. No atletismo os escalões estão divididos por idades sendo a designação igual para masculinos e femininos:

- Benjamins A – 7 a 9 anos
- Benjamins B – 10 e 11 anos
- Infantis – 12 e 13 anos
- Iniciados – 14 e 15 anos
- Juvenis – 16 e 17 anos
- Juniores – 18 e 19 anos
- Seniores → 20 anos
- Sub 23 – 20 até 22 anos

Assim também as corridas, os saltos e os lançamentos são adequados a cada escalão. O lançamento do dardo só é introduzido a partir do escalão de infantis, em benjamins apenas se fazem jogos de lançamentos em precisão ou arremesso de bolas leves. No escalão de infantis masculinos o dardo tem a massa de 500 gramas e em infantis femininos de 400 gramas. Nos iniciados masculinos o dardo é de 600 gramas e em iniciados femininos de 500 gramas. Em juvenis masculinos o dardo é de 700 gramas e o dardo de juvenis femininos continua a ser de 500 gramas. Só em juniores o dardo passa a ter as características definitivas, com o dos masculinos a ter a massa de 800 gramas e o feminino de 600 gramas. No regulamento

consultado no sítio da Federação Portuguesa de Atletismo, ainda é indicado que os juvenis femininos usam o dardo de 600 gramas, porém essa norma foi alterada neste ano de 2012 pela autoridade mundial reguladora do atletismo a *International Association of Athletics Federations (IAAF)*. Esta informação pode ser consultada no documento de regulação de competições para 2012-2013 da IAAF em *IAAF COMPETITION RULES 2012-2013*. (Federação Portuguesa de Atletismo, 2008), (IAAF, 2012)

Por norma a iniciação, seja em que idade for, no lançamento do dardo é feita com exercícios técnicos base e a partir daí e conforme a aprendizagem do atleta, evolui-se para aspetos cada vez mais específicos. Também é importante começar a trabalhar aspetos de condição física, sempre adaptados aos escalões com que se está a trabalhar, pois para o lançamento do dardo é necessário ter uma estrutura física forte (de maneira a suportar fortes impactos e mudanças bruscas de movimentos), para prevenir lesões e ainda mais para ter uma boa performance.

2.1.3.2 Regras e especificações no lançamento do dardo

Todas as modalidades necessitam de ser reguladas de igual forma para permitir condições iguais para todos os atletas. Assim o lançamento do dardo não é exceção e tem regras rígidas, tanto para sector de lançamento, para o dardo e mesmo para os atletas.

A regulamentação apresentada foi retirada do documento de regulamentação intitulado *The Referee* de Agosto de 2010 12ª edição da IAAF. (IAAF, 2012)

No sector de corrida do lançamento o comprimento da pista deverá ser no mínimo de 30 metros e quando as condições das instalações o permitirem deverá ser de 33,5 metros. Tem de ser delineado com duas linhas paralelas de 5 centímetros de grossura e a 4 metros de distância. O lançador não pode pisar ou transpor a linha em forma de arco marcado no fim do sector com um raio de 8 metros. Este arco deve ser marcado com linha branca a 7 centímetros de grossura nivelada com o chão. No sector de corrida deverá ainda existir um ponto a 8 metros do círculo (a demarcar o raio) e a partir desse ponto duas linhas de 75 centímetros de comprimento e 7 de largura, devem ser marcadas para que a sua continuação seja coincidente com a inserção do arco com as linhas laterais delimitadoras do sector de corrida (figura 5). A inclinação lateral do sector de corrida deve ser 1:100 e nos últimos 20 metros a inclinação no sentido da corrida não deverá exceder a proporção de 1:1000.

O sector de queda do dardo deve ser de relva, terra ou outro material que seja visível uma marca. A inclinação deste sector não deve ultrapassar a proporção de 1:1000. O sector de queda tem de ser delineado por duas linhas brancas de 5 centímetros de largura, marcadas

desde a intersecção do arco do sector de corrida com as suas linha laterais, se estendidas passariam pelo centro do arco e seriam coincidentes com as linhas em “V” marcadas nesse centro. O sector tem uma abertura de 29°.

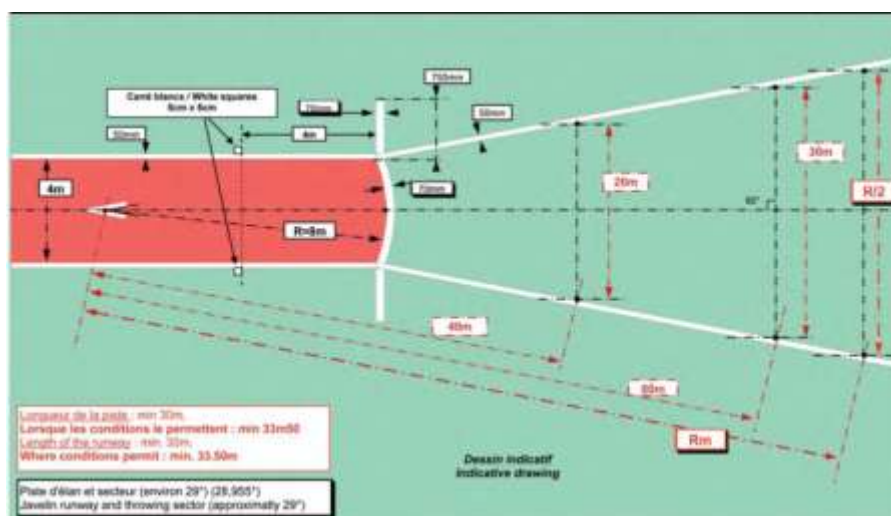


Figura 5 Regulamentação e amostra da composição do setor de corrida de lançamento e zona de queda (IAAF, 2012)

Em relação ao engenho, o dardo, tem três partes principais a ponta, o corpo ou veio e o encordoado. O corpo pode ser sólido ou oco e deve ser construído de metal ou outro material que permita a construção num só. O corpo deve estar ligado a uma ponta de metal pontiaguda. A superfície do corpo do dardo deve ser lisa, não contendo estrias, sulcos, furos ou qualquer irregularidade. O acabamento deve ser suave. A ponta deve ser feita de metal e reforçada com uma liga soldada ao corpo do dardo de forma suave e que permita uniformidade da superfície entre as duas partes. O encordoado cobre o corpo do dardo sobre o centro de gravidade e não pode exceder o diâmetro do corpo por mais de 8 milímetros. Pode ser de superfície antiderrapante mas de padrão regular sem entalhes ou recortes e o aperto deve ser de espessura constante. A secção transversal é circular em todo o dardo, sendo que o maior diâmetro tem de ser imediatamente à frente do encordoado. A porção central do veio, incluindo a parte debaixo do encordoado tem de ser cilíndrica ou ligeiramente cilíndrica na direção da cauda, mas nunca a redução do diâmetro deverá ser superior a 0,25 milímetros contando da frente do encordoado para a direção da cauda. Desde o encordoado até às duas extremidades, a ponta e a cauda, devem ter forma cónica regular, sendo que o perfil longitudinal deve ser linear ou ligeiramente convexa e não deverá haver alteração abrupta no diâmetro total, exceto na extremidade da ponta. No bico, a redução do diâmetro não pode ser maior que 2,5 milímetros durante 300 milímetros anteriores ao início da ponta. (IAAF, 2012)

Tabela 5 Regulamentação e limitação de dimensão do dardo (IAAF, 2012)

| Massa mínima do dardo | | 500 Gramas | 700 Gramas |
|---|------|------------|------------|
| Massa | Max. | 525gr. | 725gr |
| | Min. | 505gr. | 705gr |
| Comprimento total | Max. | 2000mm | 2400mm |
| | Min. | 2100mm | 2,00mm |
| Comprimento da ponta | Max. | 270mm | 330mm |
| | Min. | 220mm | 250mm |
| Diâmetro na parte de maior espessura | Max. | 24mm | 28mm |
| | Min. | 20mm | 23mm |
| Tamanho do encordoado | Max. | 145mm | 160mm |
| | Min. | 135mm | 150mm |
| Distância da ponta ao centro de gravidade | Max. | 880mm | 1000mm |
| | Min. | 780mm | 860mm |
| Distância da cauda ao centro de gravidade | Max. | 1320mm | 1800mm |
| | Min. | 1120mm | 1540mm |

O dardo não pode ter partes móveis que alterem o seu centro de gravidade durante o lançamento. A ponta do dardo não deve ter um bico com mais de 40° e o diâmetro da ponta, a 150 milímetros da extremidade não deve exceder 80 % do diâmetro máximo do corpo do dardo. No ponto intermédio entre o centro de gravidade e a extremidade da ponta o diâmetro não pode exceder 90 % do diâmetro máximo do corpo do dardo. No ponto intermédio entre o centro de gravidade e a cauda, o diâmetro não deve ser inferior a 90 % do diâmetro máximo do corpo do dardo. A 150 milímetros da cauda o diâmetro não deve ser inferior a 40 % do diâmetro máximo do corpo do dardo, o diâmetro da cauda não deve ser inferior a 3,5 milímetros. (IAAF, 2009)

Em relação à técnica utilizada, apenas existe a regra de que o atleta não pode virar as costas ao dardo em forma de rotação após a largada do dardo. Esta regra serve para proibir o lançamento em rotação do dardo que seria perigoso.

Para o lançamento ser validado, o atleta deve efetuar o lançamento dentro do sector de corrida não transpondo nenhuma das suas linhas delimitadoras até à queda do dardo. Após a queda do dardo, o lançador pode transpor as linhas delimitadoras laterais mas nunca a linha delimitadora frontal em forma de arco. Na zona de queda o lançamento pode ser ou não validado, dependendo da forma da queda do dardo. Se o dardo cair com a ponta metálica, mesmo que não espete, o lançamento é validado. Portanto não é preciso que o dardo chegue ao solo com a extremidade da ponta de forma a espetar. Com o modelo atual do dardo e com

lançadores minimamente experientes, o engenho chega ao solo quase sempre de ponta. O dardo deve cair dentro do sector de queda, marcado com linhas brancas, como já acima referido. Se cair fora deste sector o lançamento não será validado.

Na figura 6 está representado um dardo da marca *Nordic*, com indicação das medidas e designações de partes importantes do engenho, nomeadamente o diâmetro máximo da ponta e do dardo, o comprimento total, e a separação entre cauda e parte frontal.

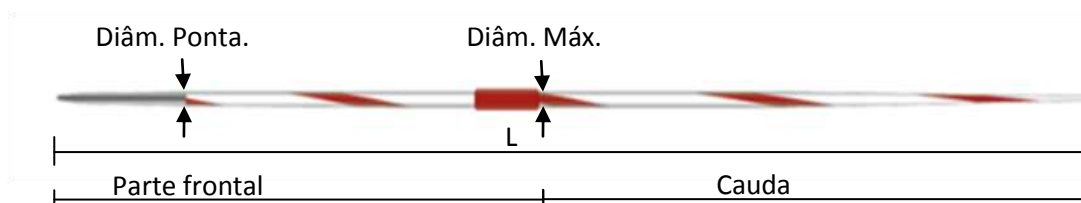


Figura 6 Dardo (Nordic, s.d.)

2.1.3.3 Técnica de lançamento

A técnica do lançamento do dardo consiste na execução de movimentos de forma ordenada e sequencial para que se consiga obter a maior distância de lançamento possível. Ao longo dos anos a técnica do lançamento foi evoluindo, numa primeira fase, através da experiência e pouco depois com o estudo do movimento humano, ou seja através da biomecânica. Logo nunca houve técnicas diferentes no lançamento do dardo, havendo apenas uma que sofreu uma evolução. Durante os primeiros anos da modalidade foram aparecendo formas de execução pouco ortodoxas, como por exemplo o lançamento em rotação, sendo banidas pouco tempo depois, pelo elevado nível de perigo para os intervenientes e espectadores.

A forma como se segura no dardo tem muita importância, quer na distância obtida, quer na trajetória do dardo durante o voo. Existem três formas de empunhar um dardo, a forma finlandesa, a americana e a do garfo. A pega é feita na parte traseira do encordoado, ou seja na parte da cauda do dardo para os dedos terem uma boa aderência.

Na pega finlandesa as falanges distais do dedo médio e do polegar estão em contacto com a parte inicial do encordoado, o indicador fica a envolver o dardo em forma de semicírculo na direção da cauda. O resto dos dedos fica a envolver o encordoado.

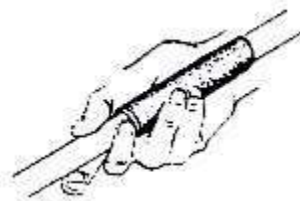


Figura 7 Pega estilo finlandesa

A pega americana é caracterizada pela posição do dedo indicador e polegar, que ficam sob a parte traseira do encordoado. Os restantes dedos envolvem a empunhadura. (Stander, s.d.)

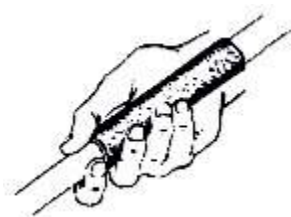


Figura 8 Pega estilo americana

A pega em garfo ou em “V” é recorrida quando se empunha o encordoado entre o dedo indicador e o dedo médio, com os restantes dedos a envolverem o restante encordoado. (Stander, s.d.)

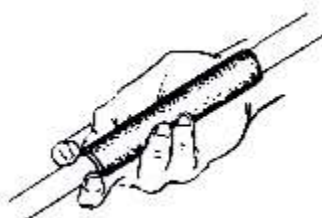


Figura 9 Pega em “V”

Em todas as empunhaduras é importante que o dardo fique bem assente na palma da mão. (Stander, s.d.)

O lançamento é dividido por três partes gerais, a corrida frontal, corrida lateral e fase final.

A parte de corrida frontal serve para o atleta atingir uma velocidade base, necessária para a fase da corrida lateral. Nesta fase o atleta encontra-se virado de frente para o sector de queda com o dardo empunhado na mão de lançamento, com o dardo ao nível da cabeça e a apontar na direção da zona de lançamento. Ao iniciar a corrida, o braço contrário ao do lançamento toma uma postura relaxada de corrida normal, enquanto o braço de lançamento deve ser mantido numa posição quase estática. As pernas devem fazer um movimento cíclico, semelhante a atletas de velocidade, levando os joelhos a uma altura perto da linha da anca. A

aceleração deve ser feita de forma contínua, normalmente são necessárias 5 a 10 passadas, seguido de 3 ou 5 passadas cruzadas. (Tidow, s.d.)



Figura 10 Corrida frontal do lançamento; Elias Leal, ex. recordista nacional na taça da Europa de lançamentos 2009

Entre a fase da corrida frontal e a corrida lateral, dá-se uma transição de várias posições corporais e do dardo. O final das passadas frontais é, geralmente, demarcado com algum objeto visível previamente colocado pelo atleta junto do sector de corrida. Quando um pé passa essa marca inicia-se a transição para a corrida lateral, em que o atleta fica com o braço contrário ao do lançamento na direção da zona de queda do dardo. Esta transição e consequente fase de corrida lateral têm algumas variantes, sendo que o atleta executa a que lhe seja mais favorável. As variantes existentes são a finlandesa, a sueca e a russa.

Na variante finlandesa, durante a transição, a mão que segura o dardo faz um semicírculo para a frente e para baixo, continuando o movimento em círculo até o dardo estar ao nível dos olhos. Se o lançador for destro, e iniciar este movimento quando o pé direito faz o contacto com o chão, vai permitir o movimento contrario entre a mão direita e o pé direito, um movimento natural da marcha humana, já que o braço direito dirige-se para trás e a perna esquerda também. Se a transição estiver concluída quando o pé esquerdo estiver no chão, a coordenação dos movimentos fica garantida. Esta transição é a única que permite uma boa sincronização entre a perna e o braço oposto, proporcionando um movimento natural durante o resto da fase lateral. Em contrapartida este método provoca descontrolo do dardo, pelo menos durante a transição, isto deve-se ao tamanho do dardo e a razões anatómicas, se no fim da transição a ponta do dardo estiver no sítio certo esse descontrolo é ultrapassado. Normalmente os atletas conseguem voltar à empunhadura normal, posicionando o dardo no sítio tecnicamente correto depois da transição, como o demonstraram os lançadores H. Schneider e J. Zelezny nos seus vários lançamentos. (Tidow, s.d.)



Figura 11 Transição estilo finlandesa (Geinaert, s.d.)

A variante sueca é a mais usada. Nesta variante e durante a transição o dardo descreve um movimento linear desde a posição inicial até o braço estar esticado na posição técnica correta. O dardo desliza para trás de uma forma suave e não brusca como no método finlandês, sempre junto ao nível dos olhos do atleta. Esta transição começa, se o atleta for destro, quando se apoia o pé esquerdo no chão e estará concluída quando o pé esquerdo voltar a entrar em contacto com o solo. É uma transição de três apoios. O braço de lançamento, após a transição fica horizontal, esticado e relaxado. A ponta do dardo fica alinhada ao nível dos olhos do atleta, o dardo e a linha dos ombros na direção do lançamento. (Tidow, s.d.), (MONNERET, s.d.)



Figura 12 Transição estilo sueca (Nemeth, s.d.)

Por fim a variante russa distingue-se, pela ligeira flexão do braço de lançamento, com a mão bastante acima da cabeça. Assim a transição é feita de cima para trás, porém o atleta não vira o eixo dos ombros para a direção do lançamento, ficando praticamente de frente para a zona de queda. Este método já não é utilizado por atletas de alto rendimento, podendo ser utilizada como exercício de aprendizagem. (Tidow, s.d.), (MONNERET, s.d.)

Outras adaptações destas três variantes podem surgir para corrigir erros ou adaptar a características de certos atletas. Os atletas analisados neste trabalho recorrem à variante sueca mas com pequenas adaptações como é mostrado à frente.

A corrida lateral faz a ligação entre a transição e a posição final, estando nela incluída o passo de impulso, dado no momento antes da posição final. Contando com os passos da transição o atleta pode fazer 5 ou 7 apoios em passos cruzados. Estes passos cruzados devem manter a velocidade dada na corrida frontal e a linha dos ombros pode estar horizontal ou com inclinação para trás. A corrida lateral cruzada, para um lançador destro é feita lateralmente, com o seu lado esquerdo voltado para o sector de queda, fazendo a perna direita passar em frente à perna esquerda. Se o atleta fizer uma corrida lateral de 5 apoios, incluindo os da transição, inicia o passo de impulso ao terceiro apoio. O passo de impulso, como o nome indica serve para dar uma maior aceleração no momento final da corrida. Se o atleta é destro, o apoio que fará o passo de impulso será o esquerdo, enquanto o apoio direito é propulsionado para a frente, tanto pela ação ativa do apoio de impulso, como pela ação dos músculos adutores da perna direita. Este passo antecipa a posição final, ou posição de força. O passo de impulso faz com que os ombros fiquem atrasados em relação às pernas, provocando a inclinação para trás da linha dos ombros. Isto permite, um maior caminho de aceleração do braço na fase final do lançamento, ajudando também o atleta a posicionar o dardo para um ângulo de saída ótimo. (Tidow, s.d.) (MONNERET, s.d.)

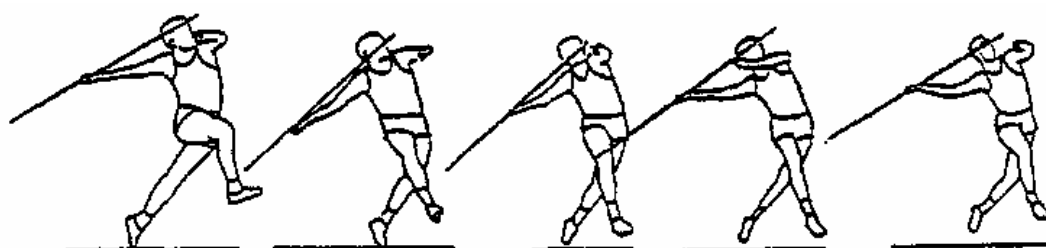


Figura 13 Passo de impulso (Tidow, s.d.)

Depois de um passo de impulso forte o atleta deve evitar a perda de velocidade e de altura do centro de gravidade do dardo. Para isto deve-se ter em atenção o ângulo da perna de apoio, que no caso de lançadores destros será a perna direita. Esse ângulo não pode ser muito baixo pois haverá perda de velocidade no sentido descendente. Depois do apoio de suporte entrar em contacto com o chão o atleta deve ter alguma inclinação do tronco, porém G. Tidow afirma que o lançador Zelezny demonstrava valores de inclinação muito baixos. A razão desta pouca inclinação foi tentada explicar por *Harnes*, teorizando que uma grande inclinação dos ombros nesta fase não seria possível a grandes velocidades de execução nesta fase. O pé de suporte deve chegar ao chão voltado ligeiramente para o sector de queda, com a finalidade de permitir o imediato avanço do joelho e da anca. (Tidow, s.d.), (MONNERET, s.d.)

Após o contacto do apoio de suporte, o apoio do impulso tem de ser projetado para a frente com a maior rapidez possível. O apoio de suporte também tem um papel fundamental, já que quanto mais rápido atuar, maior vai ser a brevidade da chegada do apoio de impulso à frente, que em contacto com o solo passa a ser denominado por apoio de bloco. Porém a questão da rapidez de atuação da perna de suporte não deve ser prioridade técnica, pois é uma questão do sistema motor e muscular, podendo ser trabalhada à parte do treino técnico, como condição física. (Tidow, s.d.)

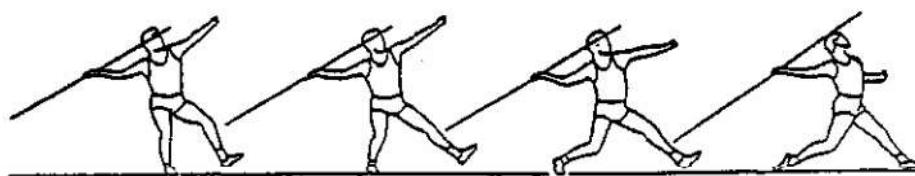


Figura 14 Chegada do primeiro apoio ao solo e entrada para o bloco (Tidow, s.d.)

Quando o apoio de bloco entra em contacto com o chão, com a sequência calcanhar – ponta, o braço de lançamento deve estar parcialmente esticado, e o braço contrário a na mesma inclinação que a linha dos ombros. O apoio de bloco deve entrar e permanecer mais esticada possível durante o resto da ação do lançamento, para que a transferência de momento seja feita para a parte superior do corpo. Porém, por estar totalmente esticada nesse momento, fica sujeita a grandes forças e existe o perigo de lesão a nível do joelho, por isso é recomendado a não extensão total. Nesta fase o joelho e a anca devem ser projetadas para a frente com maior velocidade possível mantendo o ombro e braço de lançamento atrasados em relação ao resto do corpo. Isto provoca uma tensão nos músculos do tronco, criando também a forma de arco entre a mão de lançamento e a apoio de suporte.

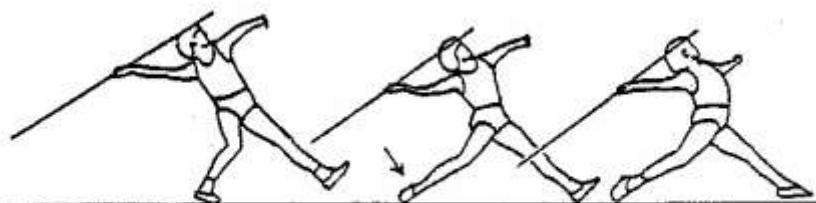


Figura 15 Pormenor do impulso dado pelo apoio direito e consequente arco corporal (Tidow, s.d.)

Depois de criado o arco de tensão inicia-se o movimento do ombro para a frente. O avanço do ombro é feito a uma velocidade elevada, proporcionada pela capacidade elástica dos vários músculos do tronco, que depois de esticados tendem a voltar à posição normal. Esta ação é involuntária ao controlo do atleta, sendo que ações voluntárias através da ativação dos músculos não produzem velocidades tão grandes. O ombro ao avançar deve sofrer uma pequena rotação, em que a axila roda ligeiramente para cima. Pode-se ajudar esta rotação

com a rotação da mão na mesma direção, durante a fase de corrida lateral cruzada. Neste momento o ombro oposto ao de lançamento baixa para que o braço de lançamento possa ficar bem alto. Este movimento provoca o efeito de o atleta se posicionar por baixo do dardo, de modo a alinhar o sentido e direção dos vetores velocidade dos segmentos corporais. O braço de lançamento tem uma pequena flexão do cotovelo e sempre à altura do ombro, para ser mais favorável anatomicamente e para dar um último impulso ao dardo, através da contração do músculo tríceps para esticar o braço. É preciso ter em atenção esta flexão, para que o atleta não a faça abaixo do nível do ombro, comprometendo a qualidade do lançamento.

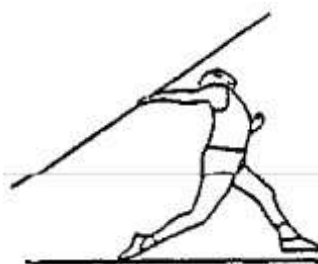


Figura 16 Arco de tensão nos músculos do tronco e braço (Tidow, s.d.)

O braço oposto ao do lançamento ajuda a criar a transferência de momento entre os segmentos corporais, posicionando-se junto do tronco.

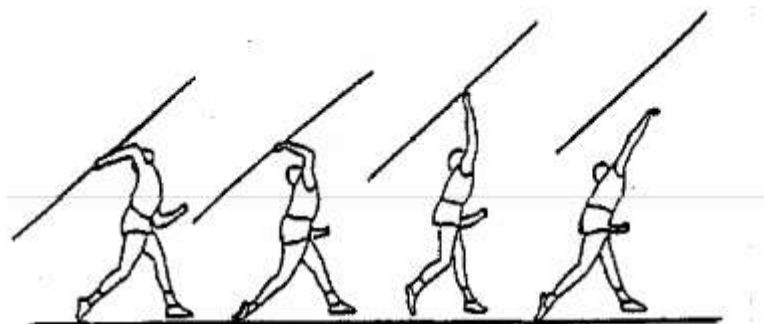
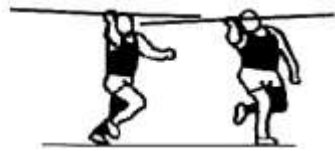

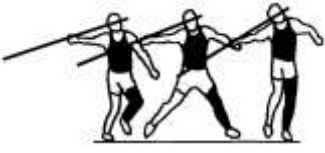
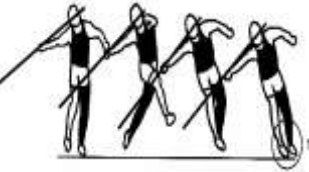




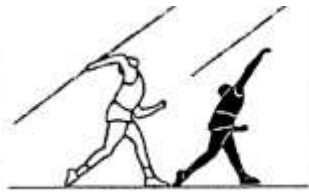

Figura 17 Saída do dardo (Tidow, s.d.)

Após a saída do dardo dá-se a fase de recuperação, onde o atleta trava o resto do movimento antes do arco limite do sector de corrida.

Um quadro exemplificativo das fases da técnica, assim como a sua cronologia são mostradas no seguinte quadro, baseado no autor (Tidow, s.d.). Na tabela 6 é apresentada a variante de lançamento utilizada pelos atletas analisados, ou seja a variante sueca e para lançadores destros.

Tabela 6 descrição geral das fases da técnica de lançamento (Tidow, s.d.)

| Posição | Fase | Descrição | Indicações |
|---|----------------------------|--|---|
|  | Corrida frontal | Dar velocidade base | Apenas a suficiente para lançamento |
| | | Dardo à altura da cabeça | Para manter controlo |
| | | Apoios ativos | Para otimização da velocidade |
| | | Pé coincidente com marca | Dar início à transição |
|  | Transição variante sueca | Rotação de anca e ombro para a lateral | Alinhamento das linhas da anca e ombro na direção de lançamento |
| | | Transição linear do dardo | Braço quase esticado, transição suave do dardo, sempre ao nível da cabeça |
| | | Transição em 3 apoios | Para criar uma transição suave sem movimentos bruscos |
|  | Corrida lateral cruzada | Apoios ativos | Para não diminuir velocidade |
| | | Braço de lançamento quase esticado | Não fazer oscilações com o dardo |
| | | Alinhamento do tronco | Manter postura ereta do tronco |
|  | Passo de impulso | Projeção da perna de apoio | Perna esquerda a dar o impulso, perna de apoio bem projetada |
| | | Inclinação do tronco | Naturalmente, com projeção dos membros inferiores. Controlar com braço esquerdo |
| | | Braço de lançamento alto | Em relação ao ombro de lançamento |
|  | Chegada à posição de força | Chegada do pé de apoio ao solo | Perna com pouca flexão |
| | | Avanço da perna esquerda | Avanço muito rápido, perna esticada |
| | | Manter braço direito atrasado | Braço quase esticado e sempre o mais atrás possível |
| | | Inclinação do tronco | Para criar maior percurso de aceleração |

| Posição | Fase | Descrição | Indicações |
|---|------------------|----------------------------|--|
|  | Posição de força | Entrada rápida da anca | Criar tensão elástica nos músculos do tronco |
| | | Bloco esquerdo | Perna esquerda quase esticada, braço esquerdo ao lado do tronco |
| | | Anca frontal | Anca virada para sector de queda |
| | | Arco de tensão | Criado pela diferença entre linha da anca e linha de ombro. |
| | | Mão atrasada | Para ter percurso de aceleração grande. Controlo da posição do dardo. Rotação da axila para cima |
|  | Largada do dardo | Bloco forte | Bloco contínua eficaz, para lado direito entrar rápido |
| | | Ombro rápido | O ombro avança rápido pela ação elástica dos músculos do tronco previamente em tensão |
| | | Braço de lançamento alto | Braço direito a passar bem alto para ter boa altura de saída |
|  | Recuperação | Fase de paragem da corrida | Paragem antes da linha limite |

É de notar que existem variantes desta técnica principal aqui apresentada, os treinadores e atletas tentam adaptar a forma de execução às características anatómicas do atleta. Um exemplo é a inclinação do tronco para a frente durante a fase de corrida lateral e final. Isto pode servir para o atleta sentir que tem o dardo alinhado na posição certa, a preocupação é na fase final, em que o percurso do tronco é maior, tendo que fazer uma rotação sobre si para haver a colocação correta do ombro de lançamento. Também há atletas que fazem uma grande rotação dos ombros durante a fase de corrida lateral, chegando a ter as costas quase voltadas para o sector de queda, este fator pode servir para dar ao braço um maior percurso de aceleração. O inconveniente desta variante é que torna-se difícil para o lançador controlar o ângulo lateral da saída do dardo, podendo o engenho sair demasiado para a direita.

Também existem lançadores que empunham o dardo com a mão virada para o lado. Diferente do normal, que se encontra para cima, esta forma de execução é só para atletas que conseguem rodar a mão para cima na fase final do lançamento. Se o atleta não fizer a rotação, esta posição pode provocar lesões no braço de lançamento. No entanto alguns atletas usam esta forma de execução para, ao fazerem a rotação da mão, conseguirem fazer a consequente rotação do braço de lançamento a fim de atingir a posição certa.

Por fim tratam-se os ângulos de saída do dardo. O ângulo de saída é o ângulo que o dardo faz com o vetor velocidade do dardo. O ângulo de atitude é o ângulo o dardo faz com a horizontal na direção do movimento. O ângulo de ataque é a diferença entre o ângulo de saída e o ângulo de atitude.

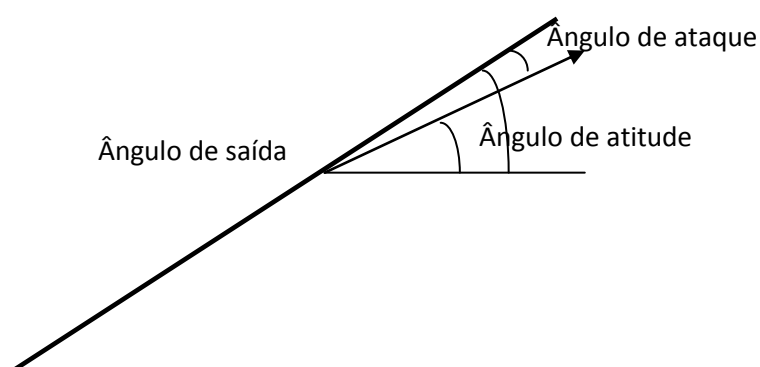


Figura 18 Ângulos no momento de saída do dardo (Robert Rich, s.d.)

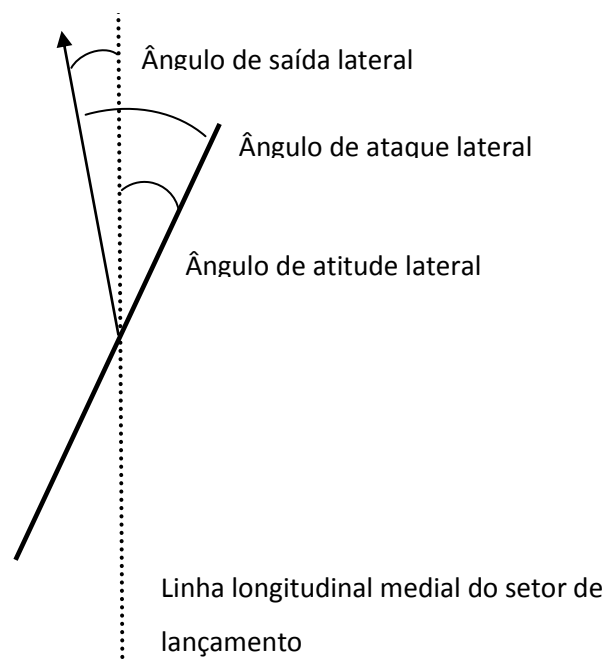


Figura 19 Ângulos no momento de saída do dardo (Calvin Morriss, s.d.)

Outros três ângulos foram analisados mas em relação ao desvio lateral. Os ângulos são obtidos da mesma forma mas em relação à posição lateral, mas analisado em relação à vista frontal. O ângulo de saída lateral é o ângulo formado vetor velocidade e a linha longitudinal do setor de lançamento. O ângulo de atitude é formado pelo dardo e essa mesma linha. O ângulo de ataque forma-se com a diferença entre o ângulo de saída e o ângulo de atitude. (Robert Rich, s.d.)

Capítulo 3

3.1 Biomecânica no lançamento do dardo

Neste capítulo são apresentados alguns estudos biomecânicos realizados a lançadores de dardo. Estudos desta dimensão tornam-se importantes para a evolução da técnica de lançamento e para o aprimoramento da performance dos atletas.

Como base para o desenvolvimento deste trabalho foram tidos em conta as investigações, Helenberger et al, Campos et al, Morriss, Bartlett e Fowler, Xu et al, Korean Society of Sport Biomechanics, 2011, Campos, Brizuela e Ramón, Coh (2001) e Mahmud (2009)

3.1.1 Investigação Biomecânica de Helenberger et al.

Os objetivos deste artigo prendiam-se por analisar lançadores de dardo masculinos de elite para encontrar uma relação entre o tempo de duração das diferentes fases de lançamento e a distância obtida.

Os autores fizeram análises individuais e posteriormente em grupo para perceber o estilo de lançamento mais predominante.

Recorreu-se a análises feitas em competições internacionais como os jogos olímpicos de 1992, campeonatos do mundo de atletismo em 1993 e 1995, nos campeonatos de apuramento olímpicos dos Estados Unidos da América em 1988 e 1992 e dos festivais olímpicos de 1993 e 1994.

Utilizaram-se 11 atletas divididos em duas categorias, os que obtiveram os 10 melhores lançamentos (grupo 1) e os que tiveram menos de 10 (grupo 2). Os lançadores do grupo 1 foram analisados individualmente, depois com o seu grupo e posteriormente com todos os outros, enquanto os do grupo dois apenas foram analisados em grupo.

Foram analisados 95 lançamentos, em que 73 desses são dos cinco lançadores do grupo 1.

A digitalização dos vídeos foi feita fotograma a fotograma, os autores não especificam a frequência de gravação. A distância foi registada em metros. A saída do dardo é definida ni primeiro fotograma em que o dardo deixa de estar em contacto com a mão.

Os autores dividiram o lançamento em cinco fases de tempo:

- 1º Fase temporal – Corrida frontal (APP)

Segundo *Helenberger et al* a duração do APP é muito influenciada pela distância percorrida mas é constante em cada atleta. O início é definido pelo primeiro movimento para a frente e acaba no primeiro apoio da transição para a corrida lateral.

- 2º Fase temporal – Transição (WDL)

Começa no primeiro apoio da transição e acaba no primeiro apoio da perna contrária ao braço do lançamento.

- 3º Fase temporal – Corrida lateral (PNU)

Começa após o WDL e termina com o próximo apoio no solo do pé do lado de lançamento (pé direito no caso de lançadores destros).

- 4º Fase temporal – Passo de impulso (PRP)

Inicia-se no fim do PNU e acaba com a chegada ao solo da perna contrária ao lado de lançamento.

- 5º Fase temporal – Posição final de lançamento (REL)

Logo após o final do passo de impulso começa esta fase e só termina no momento em que o dardo deixa de estar em contacto com a mão.

Após isto os autores apresentam três fases que surgem da combinação das apresentadas anteriormente. Fizeram esta separação devido às diferentes noções de ritmo em cada uma das fases.

A primeira fase é a BLF e é a soma dos tempos de APP e WDL. A segunda é a ALF, sendo a soma de PNU, PRP e REL. A terceira é o tempo total das cinco fases denominando-se de TOT.

Após a digitalização dos vídeos foi feita a correlação de 8 variáveis (5 fases e 3 combinações) com a distância obtida.

Os autores fizeram a correlação entre lançamentos nas diferentes fases temporais. Encontraram quatro relações principais APP/BLF, APP/TOT, PNU/ALF e BLF/TOT. Depois da

correlação entre fases procuraram uma equação para relacionar a distância lançada com os tempos das fases. Os autores referem que esta equação apenas se adequa a este grupo específico, não se podendo generalizar para outros atleta nem individualizar para atletas deste grupo. A equação encontrada foi:

$$\text{DIST} = 105,757 - 241,865 (\text{REL}) + 1,399 (\text{APP}) - 4,129 (\text{WDL}) \quad (1)$$

Onde:

REL – tempo da fase da posição final de lançamento (fase de saída do dardo);

APP – tempo da fase da corrida frontal;

WDL – tempo da fase de transição.

Os tempos da fase PRP foram de 0,215 e os de REL de 0,121.

Os autores perceberam que as fases PRP e REL mais rápidas proporcionam distâncias maiores longas. A correlação de WDL/REL são positivas para o grupo 1. Os resultados mostram que a velocidade gerada nas fases anteriores é transportada para a fase REL.

Os autores concluem que menor o tempo da última fase maior é a distância obtida. Consideram ainda necessários mais de 15 lançamentos para se poder fazer uma análise de correlação individual. Com este estudo os atletas podem direcionar o seu treino de lançamento ao ajuste das velocidades nas diferentes fases.

3.1.2 Investigação Biomecânica *Campos et al*

O objetivo encontrado nesta análise é a comparação de atletas espanhóis com lançadores de nível mundial.

Os vídeos foram obtidos com duas câmaras S-VHS sincronizadas a 50 fotogramas por segundo. Com os dados foi feito um trabalho estatístico e calcularam o coeficiente de variação de cada variável para averiguar a qualidade técnica dos lançadores.

Os autores dividiram os lançadores em dois grupos:

- Grupo 1 – oito melhores lançadores espanhóis no campeonato nacional de atletismo em valência em 2001.

- Grupo 2 – sete melhores lançadores no campeonato do mundo de atletismo em Sevilha em 1999

No decorrer da análise foi percebido que haviam grandes diferenças em 11 variáveis das 35 analisadas. As variáveis com diferença significativa foram:

- Velocidade de saída;
- Velocidade máxima do cotovelo;
- Velocidade máxima do ombro;
- Rotação do ombro no momento de saída;
- Rotação do cotovelo no momento de saída;
- Ângulo do joelho direito;
- Ângulo do cotovelo no início da fase final;
- Velocidade vertical do dardo na saída;
- Velocidade horizontal do dardo na saída;
- Aumento da velocidade durante a fase final;
- Altura de saída.

Os autores indicam que a velocidade de saída é o parâmetro que mais separa os dois grupos. Também a velocidade máxima do cotovelo se mostra relevante, o grupo 1 com velocidade média do cotovelo de 12,71 m/s e o grupo 2 com 14,83m/s.

Os lançadores de nível internacional mostram ângulos da linha da anca 19° mais desviados que os do grupo nacional. O mesmo se verifica com a linha dos ombros, o que permite um maior caminho de aceleração.

A altura de saída é o outro parâmetro de diferença, os lançadores de nível internacional têm alturas de saída de 1,97 metros e os de nível nacional 1,90 metros. Este aspecto é condicionado pela altura do atleta e por variáveis como a posição do tronco e pernas na fase de saída do dardo.

Os resultados mostram que os lançadores de elite têm o ângulo do cotovelo maior, cerca de 131° e os de nível nacional cerca de 102° , o ângulo da perna direita de 133° e 114° respectivamente.

3.1.3 Investigação Biomecânica de *Morriss et al*

Neste artigo são apresentadas análises a 12 atletas a competir no Campeonato Mundial de Atletismo em 1995.

Para a análise os autores recorreram a duas câmaras de alta velocidade Photosonic 1PL©, com gravação de 100 fotogramas por segundo nos primeiros 3 lançamentos e a 200 fotogramas por segundo nos restantes 3. As câmaras encontravam-se ligadas entre si alinhadas com o seu eixo ótico a 90°. As lentes tinham ‘zoom’ ótico para os movimentos iniciais da corrida poderem ser gravados.

A sincronização foi feita com um interruptor manual. Os autores fizeram a calibração do espaço de lançamento após o final da competição, colocando postes de 3,2 metros ao longo do setor de corrida. O volume total de calibração foi de 6/4/3,2 metros em relação a comprimento, largura e altura, respetivamente. Na extremidade de cada posto colocaram esferas para procederem ao posterior cálculo de coordenadas tridimensionais com um taquímetro eletrónico ‘Elta’, modelo 3. Os vídeos foram então digitalizados com a interface *TDS HR48*, no microcomputador modelo ‘*Acorn Archimedes 440*’ da *BBC Microcomputers System*©.

Na digitalização foram atribuídas aos atletas 18 marcas corporais que formam 14 segmentos, e mais 3 pontos adicionais, um na cauda do dardo, outro no encordoamento e outro na ponta. Estes pontos foram posteriormente reconstruídos com o algoritmo DLT, corrigindo a distorção da lente. Depois da computação procedeu-se à filtração dos dados e cálculo das velocidades através do algoritmo *quintic spline*. Os ângulos corporais foram então calculados.

A análise foi feita desde o primeiro apoio do pé esquerdo no passo de impulso até aproximadamente 0,2 segundos após a saída do dardo. Foram criados pontos de fases para que fosse possível a comparação entre atletas:

- LFS – pé esquerdo inicia o passo de impulso
- LFTO – saída do chão do pé esquerdo para o passo de impulso
- RFS – pé direito apoia no chão
- RFTO – pé direito sai do chão ou arrasta na pista

- FFS – último apoio do pé esquerdo no chão
- REL – saída do dardo

Após isto os autores fizeram a divisão por fases temporais:

- LFS até RFS
- RFS até FFS
- FFS até REL

Todos os lançadores analisados são destros.

Foi possível perceber que os lançamentos com maiores velocidades de saída foram os melhores nomeadamente o de Jan Zelezný com um lançamento de 30,2 m/s com um ângulo de saída de 40°. Backley também fez um lançamento com uma velocidade semelhante mas com um ângulo de saída menor em 6°, o que levou a uma distância obtida menor em 1,76 metros. Os ângulos de desvio lateral de *Rybin*, *Linden* e *Parviainen* foram os maiores entre 11° e 14°, limitando a distância final obtida. Relativamente a os ângulos de ataque, os piores lançadores foram *Raty* e *Hakkarainen* com -8° e -9°, o que diminui em muito as forças aerodinâmicas que atuam no dardo.

Os autores analisaram os tempos de apoios e entre apoios:

- Contacto com o chão do pé esquerdo – LFS até LFTO
- Voo do passo de impulso – LFTO até RFS
- Contacto com o chão do pé direito – RFS até RFTO
- Tempo da diferença entre pé direito e pé esquerdo na posição final de lançamento – RFC até FFS
- Duração da última fase – FFS até REL

Após a análise destes tempos foi notado que menor o tempo de contacto do pé esquerdo no apoio para o passo de impulso maior é a distância obtida, pois indica que os atletas conseguem transmitir a velocidade da corrida para a ultima fase. Antes do pé direito apoiar no chão, ou seja o tempo de voo variou entre 0,20 segundos para *Hakkarainen* e *Backley* até 0,34 segundos de *Moruyev*. O facto deste tempo de voo ser alto foi

considerado positivo pois permite que o apoio direito seja feito à frente do centro de gravidade. Porém, segundo os autores, este aspeto só pode ser considerado positivo se a distância percorrida for maioritariamente horizontal, pois uma altura vertical grande pode fazer diminuir a velocidade horizontal do atleta devido ao impacto do contacto, provocando também a flexão do braço de lançamento, diminuindo o caminho de aceleração. O ângulo do cotovelo direito, no momento de apoio do pé direito, de Backley é o maior com 153° enquanto o de Moruyev foi de 116°. Para uma boa transição do momento de energia da corrida para a fase final é necessário um contacto ativo do pé direito e Jan Zelezný é o melhor exemplo com um tempo de contacto de 0,09 segundos, cerca de metade dos restantes lançadores. Os autores notaram que o calcanhar do pé direito deste atleta não toca no chão e quase não tem fase descendente no apoio.

Em relação aos termos posicionais nesta fase os autores defendem que os atletas devem procurar ter uma base estável, e com a perna esquerda no bloco avançar o lado direito da anca sobre o esquerdo. O objetivo é esticar os músculos do tronco para criar uma tensão elástica. Se os atletas conseguirem fechar o ângulo do eixo da anca, ou seja a linha da anca paralela com a direção do lançamento, a perna esquerda vai para a frente muito mais rápido e naturalmente. Os dados obtidos mostraram que uma maior diferença entre os ângulos do tornozelo direito e esquerdo no momento em que o apoio direito contacta com o solo permite um menor tempo de execução da fase seguinte, entre 0,14 e 0,16 segundos., de *Zelezný, Hetch e Wennlund*. Ao contrário *Backley, Hill e Raty* obtiveram tempos de 0,21 até 0,22 segundos.

Ao analisar a corrida os autores encontraram velocidades do centro de massa de 5 m/s até 6,7 m/s. Assim perceberam que a velocidade do centro de massa perdida entre o bloco e a saídas do dardo varia entre 31% e 59%. A posição da perna esquerda à frente do centro de massa e o seu ângulo de flexão tem influência na sua desaceleração. Os autores referem que Zelezný tem uma desaceleração muito brusca após o pé esquerdo entrar em contacto com o chão (o bloco) e isto evoca os músculos do tronco para proteção ao impacto. O seu ombro direito obtém a maior velocidade linear, que poderá ser gerada em parte, pelos músculos abdominais.

Também foi avaliado o ângulo do cotovelo direito em determinadas fases. Quanto maior for este ângulo maior será o caminho de aceleração da mão de lançamento. Aquando o apoio do pé direito no solo apenas Backley consegue manter o ângulo superior a 150° e Parviainen e Henry acima de 130°. Enquanto não ocorre o pico de velocidade do ombro

direito, estes ângulos baixos sugerem o recrutamento dos músculos do braço, o que torna o lançamento menos eficiente.

Os ângulos da anca e ombros foram analisados pelos autores no momento em que o apoio direito chega ao solo, no momento em que é feito o bloco e na saída. As comparações feitas foram:

- Ângulo entre linha da anca e direção de lançamento
- Ângulo entre linha dos ombros e direção de lançamento
- Ângulo entre linha dos ombros e linha da anca

No apoio do pé direito os lançadores mostram semelhança no ângulo da anca e ombro, cerca de 146° e 181° respectivamente. No apoio do bloco a linha da anca é semelhante entre lançadores também, cerca de 115° .

Por fim os autores analisaram a sequência de movimentos na última fase de lançamento. Nesta fase indicam que os lançadores devem acelerar o máximo de segmentos do corpo para que o pulso e a mão atinjam grandes velocidades máximas. Aqui foi mostrado uma tabela com os picos de velocidade dos pontos mais importantes. Os resultados demonstraram que apenas 5 atletas conseguiram aumentar a velocidade do pulso em relação ao centro de massa em 20 m/s, dois deles ganharam a medalha de ouro e prata. O atleta que ficou em terceiro lugar teve uma velocidade do pulso de 18,8 m/s mas também teve uma velocidade do centro de massa de 3,9 m/s, menos que a dos dois primeiros medalhados. Outro aspecto positivo encontrado foi o da velocidade do ombro direito de Zelezný, de 7,7 m/s, demonstrando um excelente uso do tronco para transmitir o momento ao braço.

As velocidades angulares do braço de Zelezný e Backley foram as maiores, proporcionando maiores distancias. Backley teve uma velocidade angular do ombro de $1330^\circ/s$, Zelezný $2270^\circ/s$ e Wennund $2050^\circ/s$. Combinando esta velocidade com a velocidade angular do cotovelo ($3220^\circ/s$) mostra-se que Zelezný obteve uma velocidade angular 18 % maior que os restantes e é a razão para uma velocidade linear do pulso tão grande.

Na imagem 20 são mostrados o momento de apoio do pé direito no solo, a posição de largada do dardo e o caminho do dardo nas duas fases de Backley e Zelezný.

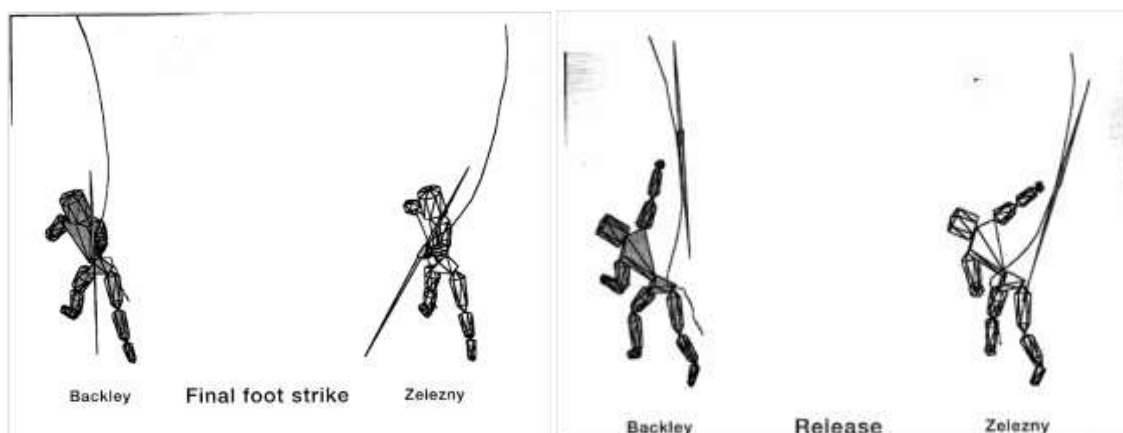


Figura 20 Modelos biomecânicos obtidos pela análise a atletas de elite, na posição de preparação e no momento de saída (Calvin Morriss, s.d.)

3.1.4 Investigação Biomecânica de *Xu et al*

O presente estudo é direcionado na avaliação no instante de saída do dardo da velocidade de saída, ângulos do dardo e altura de lançamento. Também os parâmetros corporais que influenciam os aspetos anteriores são avaliados. Os autores referem que o parâmetro mais importante é a velocidade de saída mas quando este parâmetro é semelhante são os outros que produzem diferenças no resultado.

O objetivo desta análise foi investigar as características de saída do dardo na técnica do lançamento do dardo para determinar que características estão mais relacionadas com o resultado em atletas femininas de nível internacional.

Foram analisadas 12 atletas na fase final do lançamento do dardo nos jogos olímpicos de Los Angeles em 1984. Foi utilizada uma câmara *LoCam* a gravar a 200 fotogramas por segundo a 24 metros de linha média do corredor de lançamento, com o eixo ótico da câmara perpendicular à direção do lançamento. Os autores atribuíram 21 pontos aos atletas formando um modelo de 14 segmentos mais 4 no dardo. As coordenadas foram filtradas pela técnica de filtro digital a 6 Hz. Após isto os dados foram postos num ‘*software*’ para calcular os pontos e os parâmetros pretendidos.

Os resultados obtidos após a análise mostram que as atletas têm diferentes componentes de velocidades de saída (velocidade horizontal e vertical), mas relativamente semelhantes velocidades resultantes. As componentes da velocidade de saída variam muito em cada atleta, resultando em diferentes ângulos da velocidade resultante de lançamento para lançamento.

Os lançamentos a mais de 60 metros tiveram ângulos de saída de $38,6^\circ$ (+/- 3,7), ângulo de atitude de $39,4^\circ$ (+/-3,9) e ângulo de ataque de $0,8^\circ$ (+/- 2,4). Os lançamentos inferiores a 60 metros tiveram ângulos de saída de 40° (+/- 2,1), ângulo de atitude de 41° (+/-2,5) e ângulo de ataque de 1° (+/-3,6). Os autores não acharam significante estatisticamente estes ângulos e não dá para fazer uma distinção clara entre indivíduos. Contudo indicam que os ângulos demonstrados são altos de acordo com Terauds (1978), logo as lançadoras devem reduzir estes ângulos.

Os resultados também mostraram que com o aumento da velocidade angular absoluta a distancia obtida diminuiu. Isto tem uma grande relação entre a velocidade angular do dardo e a distância de voo do dardo. A velocidade angular inicial pode aumentar o atrito e diminuir o escoamento do dardo no ar durante o voo. Esta pode ser uma das razões para que as atletas femininas não consigam obter bons resultados com velocidades de saída grandes, afirmam os autores.

Duas questões surgiram aos autores no decorrer do estudo que foram, porque o ângulo de ataque diminui com o aumento da velocidade angular? Porque existe uma grande variação da velocidade angular entre as atletas se os ângulos de ataque são semelhantes? Um dos problemas no lançamento do dardo está na mão de lançamento, que determina a direção do vetor força no dardo.

As atletas de elite têm velocidades de saída semelhante, tendo como aspeto distinto a velocidade angular do dardo. A atleta *Lilak, T.* obteve o resultado de 69 metros a uma velocidade de saída de 23,50 m/s e velocidade angular do dardo de $-14^\circ/s$ (negativo porque a direção do movimento é contrária à dos ponteiros do relógio). Quando a velocidade de saída subiu para 24,01 m/s a distancia obtida desceu para 61,12 metros, talvez devido à velocidade angular do dardo que foi de $-81^\circ/s$.

Os autores concluíram com este estudo que a velocidade de saída é muito importante, mas que a velocidade angular tem de ser tida em conta, devido à sua influência no voo do dardo. A diferença entre um bom lançamento e um menos bom advém da velocidade angular. Para melhorar este aspeto as atletas manter uma técnica constante e linear durante as fases do lançamento.

3.1.5 Investigação Biomecânica de *Korean Society of Sport*

Biomechanics, 2011

Este artigo mostra os resultados da análise feita no campeonato do mundo de atletismo em Daegu em 2011. Foram analisadas as três melhores atletas femininas na competição no seu quinto ensaio.

Maria Abakumova venceu a competição com 71,99 metros, neste lançamento a velocidade de saída foi de 25,1 m/s, altura de saída de 1,65 metros, o ângulo de saída de 42° e o de ataque de 4°. O segundo lugar pertenceu a Barbora Spotáková com 71,58 metros com a velocidade de saída de 22,9 m/s, altura de saída de 1,87 metros, Viljoen com 68,38 metros, a velocidade de saída foi 24,4 metros, altura de saída 1,71 metros, ângulo de saída de 32° e ângulo de ataque de 12°.

Também foram analisados o ângulo de inclinação do tronco, braço e antebraço, a distância percorrida no passo de impulso, distância entre apoios na posição final e distancia até à linha limite. Em termos de duração analisou-se o tempo do passo de impulso, o tempo de saída do dardo e o tempo entre o contacto dos apoios no último passo.

3.1.6 Investigação Biomecânica de *Campos, Brizuela e Ramón*

O estudo feito por *Campos, Brizuela e Ramón (1999)* foi feito ao grupo de lançadores presentes na final ao campeonato do mundo de atletismo em Sevilha em 1999. O objetivo foi comparar cada atleta com outros estudos já feitos.

Para fazer esta análise os autores recorreram ao método da fotogrametria tridimensional. Utilizaram câmaras SVHS Panasonic©, sincronizadas, ligadas entre si e alinhadas com o seu eixo ótico a 90°, a gravar a uma taxa de 50 fotogramas por segundo. A calibração espacial foi feita com dois cubos de 2x2 metros cada. O ‘software’ de digitalização foi o *Kinescan© 8.3 da IBV*.

As coordenadas foram filtradas com o quintic spline e a transformação dos planos gravados em pontos tridimensionais com o algoritmo DLT.

Os autores separaram e avaliaram as seguintes fases de lançamento:

-t1 pé direito entra em contacto com o solo no início da fase de preparação

-t2 pé esquerdo entra em contacto com o chão

-t3 saída do dardo

Também foram criadas subfases do lançamento:

Fase preparatória – período entre t1 e t2

Fase de saída – período entre t2 e t3

Os atletas analisados são sete, do sexo masculino, todos destros à exceção do cubano *Emeterio González*. Foram analisados os melhores lançamentos e cada atleta, só o do alemão Hecht foi o segundo porque o primeiro teve problemas. Não foi possível analisar nenhum lançamento do norueguês *Fagernes*.

Os resultados encontrados mostram que a maior diferença entre os atletas é na fase preparatória em que os tempos vão de 0,140 segundos até 0,26 segundos. Na fase de saída ou fase final o intervalo de tempo é menor, 0,100 segundos até 0,140 segundos.

Os autores ainda propõem uma divisão entre os atletas que têm um tempo de preparação superior a 0,2 segundos e os que têm inferior.

De seguida foram analisar a duração de tempo entre a velocidade máxima de articulações importantes no momento da saída do dardo. As articulações analisadas foram a anca, o ombro e o cotovelo. Também o dardo foi inserido na mesma análise.

Após verificarem os dados obtidos perceberam que existe maior coeficiente de variação em relação ao pico de velocidade do ombro até ao instante de saída, cerca de 16%, enquanto a variabilidade da anca e cotovelo são semelhantes, cerca de 10% e 11% respetivamente. A velocidade máxima da anca dos lançadores é atingida antes do instante t2, entre 0,01 e 0,08 segundo antes desse instante, só Backley tem o pico de velocidade depois desse instante, cerca de 0,02 segundos.

A velocidade de saída foi outro parâmetro analisado. Os autores referem que este parâmetro é muito influenciado pela qualidade de transmissão de energia de todo o corpo para o dardo. A velocidade de saída mais baixa pertenceu a Henry com 28,1 m/s e a mais alta a Parviainen com 29,71 m/s, com as distâncias de 85,43 metros e 89,52 metros respetivamente. A relação entre a velocidade de saída e a distância foi alta mas estatisticamente insignificante.

Em termos de velocidade também foram avaliadas as componentes, vertical e horizontal. Hecht teve uma diferença entre estas componentes de 3,4 m/s e Gonzalez de 12,27 m/s. O cubano E. Gonzalez obteve a maior velocidade horizontal e a menor vertical com 25,88 m/s e 13,61 m/s respetivamente. Ao contrário foi o alemão Hecht com a maior velocidade vertical e a menor horizontal com 18,14 m/s e 21,54 m/s respetivamente. Foi notado que a velocidade resultante de Gatsioudis e de Parviainen são semelhantes mas obtiveram resultados diferentes, devido à diferente direção de forças.

As condições de saída do dardo também foram incluídas na análise, com alturas de saída do dardo entre 1,80 metros e 2,14 metros de Zelezný e Parviainen respetivamente. Os parâmetros que dizem respeito à posição do dardo no momento de saída devem contemplar o ângulo de saída, ângulo de atitude e o ângulo de ataque. Os autores afirmam que +/- 8°. Indicam ainda que em *Hubbard e Alway (1987)* as condições ótimas para velocidades de saída entre 23 m/s e 35 m/s requerem um ângulo de ataque entre 0 e 2,5°.

O lançador alemão Hecht tem o maior ângulo de saída, 40,1° e o cubano Gonzalez o menor, 27,7°. Gonzalez teve o ângulo de ataque maior 8,8° e o Parviainen o menor 0,9°. O atleta Parviainen lançou o dardo a 29,7 m/s com um ângulo de saída a 36,6° o que resultou num ângulo de ataque baixo e quase nulo.

Após isto os ângulos do joelho foram analisados. Os autores defendem que a perna de bloco é importante para transferir a velocidade horizontal do corpo para o dardo, e que 60% da energia cinética do dardo ocorre nos últimos 0,5 segundos antes da saída do dardo. Os princípios teóricos indicam que a flexão da perna de bloco deve ser mantida no intervalo 160° - 180°. Apenas Backley e Gatsioudis mostraram aumento da flexão da perna esquerda do momento t2 para o t3. Backley mostra um valor de flexão bastante acentuado de 137° no momento t3, o que leva a uma perda de suporte no momento da saída. Em relação ao joelho direito Parviainen, Zelezný, Gonzalez e Backley tendem a esticar a perna direita do momento t2 para o momento t3, enquanto os restantes têm o comportamento inverso.

Os autores avaliaram a rotação da anca e do ombro dos atletas e concluíram que *Gatsioudis* e *Zelezný* são os atletas com maior rotação da linha da anca no momento t1 e *Gonzalez* e *Backley* o inverso. A diferença dos ângulos entre a linha da anca e a linha dos ombros varia entre 18° e 32° no momento t3 à exceção de *Henry* que tem apenas 1°, isto mostra a antecipação da linha dos ombros.

No momento t1 o ângulo do braço de lançamento deve estar esticado e só Zelezny, neste grupo, mostra maiores valores de flexão. Mas as maiores diferenças são no momento t2 em que os valores vão de 19° a 44°. No instante t3 os ângulos do cotovelo são maiores, entre 151° e 160°.

Por fim foi analisado o caminho de aceleração. No instante t1 os atletas atingem um maior caminho de aceleração, o que é normal devido à velocidade que trazem da corrida.

Parviainen tem o maior percurso de aceleração com 0,93 metro e Gatsioudis o menor com 0,73 metros. No momento t2 Parviainen tem novamente o maior percurso de aceleração com 0,91 metros e o mais curto é de 0,65 metros. Foi observado que há uma diminuição do caminho de acelerações o que, segundo os autores, levam a uma perda de energia na fase mais decisiva. Zelezny perde 14 cm, Henry 15 cm e Gonzalez 19 cm.

3.1.7 Investigação Biomecânica de *Coh et al (2001)*

O objetivo principal deste estudo foi determinar as características antropométricas de lançadores do escalão de juniores de nível mundial e a relação dessas características com o resultado do lançamento.

Os lançadores analisados tem uma idade média de 18,6 anos +/- 0,7, altura média de 1,86 metros +/- 0,05, massa média de 90,78 quilogramas +/- 9,70 e com uma média de resultados nos 70,37 metros +/- 5,4. No total são 11 atletas finalistas no campeonato europeu de juniores em Ljubljana em 1998. As medições antropométricas foram feitas de acordo com os procedimentos da *International Biologic Programme - IBP*. As medidas foram feitas por um profissional da área médica logo a seguir à competição. Os valores obtidos foram analisados com o ‘software’ *SPEX-1.2*, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisa Espacial da Holanda.

Os valores da altura obtidos estão entre 1,78 metros e 1,93 metros, porém as diferenças na massa são maiores em que o mais leve tem a massa de 71 Kg e o mais pesado de 100,2 kg. O mais leve ganhou a competição e o mais pesado ficou em terceiro lugar. Estes dois valores não têm grande influência no lançamento por si só.

Os autores afirmam que a largura dos ombros é um factor importante no lançamento do dardo e está compreendido em 42,69 cm +/- 2,3. Os ombros são importantes para gerar uma boa transferência de energia na cadeia dos movimentos para o lançamento. Este parâmetro pode ser importante na seleção de jovens lançadores. Outro ponto referido

com importante é a largura do joelho que define a estrutura morfológica dos segmentos inferiores. Os valores obtidos neste estudo foram de 10,2 cm +/- 0,5. Este ponto é também importante, pois quando mais largo for o joelho, maior distribuição da pressão irá haver na altura do contacto dos apoios com o solo, o que leva a uma maior eficiência do esforço. A média dos perímetros da coxa é de 61,15 centímetros +/- 4,1 e da perna 41,26 cm +/- 2,26.

O coeficiente de correlação encontrado entre a largura dos ombros e altura com a distância é o maior, porem não é estatisticamente relevante.

Os autores concluem que existem muitos fatores que influenciam a performance do lançamento do dardo e a morfologia é apenas uma parte pequena. Porem pode ser importante para a seleção e a correta adaptação dos treinos a jovens atletas. O resultado em competição advém de fatores como a morfologia antropométrica, destreza motora e uma ótima execução biomecânica da técnica de lançamento.

3.1.8 Investigação Biomecânica de *Mahmud (2009)*

Este último trabalho apresentado descreve o modelo técnico de dois finalistas do Qatar no campeonato de Doha em março de 2009. O objetivo do estudo é comparar os modelos técnicos destes atletas com outros estudos já realizados.

Todos os lançamentos foram filmados e só o melhor foi analisado. Utilizaram uma câmara SVHS Panasonic a 50 fotogramas por segundo, o volume de calibração usado tinham as dimensões de 2x2 metros. Os lançamentos foram analisados com o 'software' *Dartfish*® v.5, os dados cinemáticos foram obtidos com a digitalização dos fotogramas.

A análise foi centrada na fase preparatória e na última fase de lançamento. Os tempos de referência para o início de cada fase foram postos da seguinte forma:

- t1: pé direito entra em contato com o solo no início da fase de preparação
- t2: pé esquerdo entra em contato com o solo para fazer o bloco
- t3: o dardo deixa de estar em contato com a mão

Para a comparação os dados dos atletas internacionais foram obtidos na análise realizada nos campeonatos do mundo de atletismo em 2009.

Segundo os autores, os dados encontrados mostram que as maiores diferenças entre os atletas estão na fase preparatória. Os atletas internacionais têm tempos de fase preparatória por volta dos 0,13 segundos e 0,19 segundos para lançadores do Qatar. Na fase final os atletas internacionais têm maior variação e os nacionais com menor variação. Os lançadores do Qatar têm em média, uma maior duração em 0,07 segundos nas duas fases do que os atletas internacionais.

Na análise do tempo de duração entre a velocidade máxima das articulações-chave e o instante de saída, os dados obtidos mostram tempos médios em relação ao instante de saída de 0,13 segundos na anca, 0,09 segundos no ombro e 0,06 segundos do cotovelo nos atletas internacionais. Os atletas nacionais mostraram tempos semelhantes. Os lançadores do Qatar mostraram velocidades máximas da anca 2% mais tarde e 3% mais tarde no ombro e cotovelo no que diz respeito aos atletas internacionais.

Os aspetos que distinguem o atleta Thorkildsen dos restantes é que ele tem movimentos mais retilíneos na fase final e larga o dardo mais alto com um maior caminho de aceleração e melhores condições de saída.

3.2 Antropometria

A antropometria é destinada ao cálculo da composição corporal em todas as suas vertentes. Podem-se calcular as quantidades de massa gorda e massa magra no organismo, tornando-se relevante para diferenciar atletas aparentemente semelhantes mas com resultados desportivos diferentes. Durante uma época ou entre épocas os atletas sofrem alterações corporais conforme o esforço físico e o tipo de treino que se está a desenvolver. No caso de atletas jovens a estas alterações soma-se o crescimento, o tipo de alimentação que o atleta tem e até aspetos ambientais. (Leite, 2004)

Maria Leite (2004) indica que para avaliar a composição corporal divide-se o corpo em dois, três ou quatro compartimentos e no caso de mais do que quatro denomina-se multicompartimental. O modelo de quatro compartimentos fraciona os componentes: massa de gordura, massa muscular, massa óssea e massa residual, para depois ser comparado com a massa total do corpo. O primeiro método usado foi o de dois compartimentos: massa gorda e massa muscular, é ainda hoje muito usado devido à sua proximidade com o tipo de atividade física desenvolvida.

3.2.1 Medições antropométricas

Ao efetuar as medições, os indivíduos estudados devem ser medidos sempre nas mesmas condições para a comparação ser mais exata.

Em relação aos índices antropométricos destaca-se o índice de massa corporal, o IMC, que segundo (Leite, 2004) responde na forma da equação:

$$\text{IMC} = m \text{ (Kg)} / H^2 \text{ (metros)} \text{ (1)}$$

Onde:

IMC – índice de massa corporal;

m – massa corporal do indivíduo;

H – altura do indivíduo.

Os valores padrão estabelecidos internacionalmente sobre os valores de IMC são de entre 18,5 e 24,9 para normalidade, entre 25 e 29,9 de excesso de peso e acima de 30 um nível de obesidade alarmante.

Para medir os compartimentos acima referidos pode-se recorrer à medição de pregas cutâneas e posterior cálculo dos compartimentos através de equações. Devem ser feitas três medições não consecutivas, se a diferença for superior a 5% entre a maior e a menor medição deve-se então repetir a série de medidas. (Leite, 2004)

Segundo (Leite, 2004) e (DELGADO, 2004) existem 93 locais anatómicos onde se podem fazer este tipo de medidas, destas destacam-se a da pantorrilha, da coxa, a tricípital, a bicipital, subescapular e supra íliaca.

Ainda para o cálculo dos compartimentos apresentados são necessários os perímetros do braço fletido, da pantorrilha medial e da coxa medial, medidos com uma fita métrica. Em termos de diâmetros são medidos com um paquímetro e os importantes para os compartimentos são o úmero e o fémur. Por último é necessário a medição da altura com um estadiómetro e a massa total com uma balança devidamente calibrada.

Para fazer as medições é necessário seguir regras para obter resultados viáveis. Assim são apresentadas as regras de medições.

3.2.1.1 Estatura

Para a medição da estatura deve-se pôr o avaliado na posição anatômica ortostática, com os pés descalços e paralelos. O calcanhar, cintura pélvica, cintura escapular e região occipital devem estar em contacto com o estadiómetro. Com a cabeça orientada no plano horizontal de Frankfurt e a espátula do estadiómetro paralelamente com o solo, a tocar no ponto mais alto da cabeça do individuo, após uma inspiração, tira-se a medida e regista-se. (Fátima Oliveira, 2003)



Figura 21 Estatura (Fátima Oliveira, 2003)

3.2.1.2 Perímetro medial da coxa

O individuo avaliado deve-se pôr em posição ortostática, com os pés ligeiramente afastados. A fita deve estar perpendicular ao eixo longitudinal do fémur no ponto meso femoral e contornar a coxa. (Fátima Oliveira, 2003)



Figura 22 Perímetro medial da coxa 22 (Fátima Oliveira, 2003)

3.2.1.3 Perímetro medial da pantorrilha

Este perímetro é medido no plano horizontal, na área de maior circunferência da pantorrilha. O individuo deve estar em pé com o peso igualmente distribuído nos dois pés. (DELGADO, 2004)



Figura 23 Perímetro da pantorrilha (Fátima Oliveira, 2003)

3.2.1.4 Perímetro do braço flexionado

Esta medida deve ser feita na área de maior circunferência com o braço no plano horizontal e antebraço fletido em supinação a 90 ° com o braço. *Delgado* (2004)



Figura 24 Perímetro do braço flexionado (DELGADO, 2004)

3.2.1.5 Prega tricipital

A prega tricipital é medida verticalmente, paralelamente ao eixo longitudinal, com o indivíduo em pé e braços relaxados ao longo do corpo. A medida é feita na região média do braço. (DELGADO, 2004)



Figura 25 Prega tricipital (DELGADO, 2004)

3.2.1.6 Prega subescapular

Medida diagonalmente, com o indivíduo em pé, ombros descontraídos e braços ao longo do corpo. Posiciona-se o adipômetro dois centímetros abaixo da escápula. (DELGADO, 2004)



Figura 26 Prega subescapular (DELGADO, 2004)

3.2.1.7 Prega supra ilíaca

A prega deve ser medida com direção oblíqua em relação ao eixo longitudinal, entre a última costela e a crista ilíaca. (DELGADO, 2004)



Figura 27 Prega supra ilíaca (DELGADO, 2004)

3.2.1.8 Prega abdominal

Aponta-se o aparelho verticalmente, de modo paralelo ao eixo longitudinal. Mede-se entre três a um centímetro à direita do umbigo.



Figura 28 Prega abdominal (DELGADO, 2004)

3.2.1.9 Diâmetro bi-epicondilar do úmero

O indivíduo avaliado deve estar em pé com o cotovelo e ombro com uma flexão de 90°. O paquímetro deve estar colocado 45° em relação ao cotovelo. As hastes em contato com os epicôndilos, se necessário ajudar com a ponta dos dedos. (DELGADO, 2004)



Figura 29 Diâmetro bi-epicondilar do úmero (DELGADO, 2004)

3.2.1.10 Diâmetro bi-epicondilar do fêmur

Colocar o individuo avaliado na posição de sentado de modo a que a coxa e a perna façam um ângulo de 90° . As hastes do paquímetro deverão estar em contato com os epicôndilos e o paquímetro deve estar a 45° em relação ao joelho. (DELGADO, 2004)



Figura 30 Diâmetro Bi-epicondilar do fêmur (DELGADO, 2004)

3.2.1.11 Massa total

Esta última medição é efetuada com uma balança, de preferência com uma precisão de 100 gramas. O individuo avaliado posiciona-se em pé com os pés bem assentes na balança, com o olhar fixo num ponto em frente. (DELGADO, 2004)



Figura 31 Medição de massa total (DELGADO, 2004)

Depois destas medições estarem concluídas segue-se não só o cálculo dos compartimentos mas também do somatótipo.

3.2.2 Somatótipo

O cálculo de somatótipo obedece a princípios base. Os princípios base são que não existem dois indivíduos iguais, sendo que a diferença não é aleatória mas obedece a determinadas leis, apesar da diferença entre indivíduos existem sempre semelhanças que permite integrá-los em grupo, o mesmo individuo possui características diferentes em momentos diferentes da sua vida. (DELGADO, 2004)

Um dos primeiros métodos para calcular o somatótipo de um individuo foi o de *SHELDON*, mais tarde modificações foram feitas por *HEATH* e *CARTER*, formando um novo método para este cálculo. Podem-se fazer estes cálculos depois de obter medidas antropométricas. (DELGADO, 2004) Afirma que este método tem sido amplamente utilizado para caraterizar atletas de elite.

O somatótipo indica a composição corporal do individuo avaliado e é dividido em endomorfia, mesomorfia e ectomorfia.

A endomorfia mostra-se no individuo com formas arredondadas com grandes depósitos de gordura, em forma de pera ou seja, mais fina em cima e mais largo em baixo. É caraterizado por um abdómen grande, tórax pequeno, braços e pernas são curtos e flácidos, ossos pequenos e ombro e cabeça arredondados. (Raquel Santos, 2003)

O seu cálculo é feito através da expressão:

$$0,7182 + 0,1451(X) - 0,00068(X^2) + 0,0000014(X^3) \quad (2)$$

Onde:

X – soma das pregas adiposas, Tríceps + subescapular + supra ilíaca.

A mesomorfia é caraterizada por indivíduos musculados de formas angulosas, a cabeça em forma cúbica e maciça, os ombros e peito são largos e o abdómen é pequeno e liso. A gordura subcutânea é pequena. (Raquel Santos, 2003)

O seu cálculo é feito através da expressão:

$$(0,858HB + 0,601FB - 0,188CAG + 0,161CCG) - (0,131 H) + 4,5 \quad (3)$$

Onde:

HB – diâmetro bi-epicondilar do úmero;

FB – diâmetro b- epicondilar do fémur;

CAG – perímetro do braço corrigido;

CCG – perímetro da pantorrilha;

H – altura.

Na ectomorfia o individuo apresenta membros finos e compridos com pouca gordura e musculo. Os ombros são descaídos, o pescoço é fino e comprido, o rosto é magro, o tórax e abdómen são finos. (Raquel Santos, 2003)

O seu cálculo é feito com as variáveis:

- Se $HWR \geq 40,75$ então a sua expressão é $0,732HWR - 28,58$

- Se $HWR < 40,75$ a sua expressão é $0,463 HWR - 17,63$

- Se $HWR \leq 38,25$ então toma o valor de 0,1

Como é de esperar, raramente um individuo se encontra num só tipo, assimilando os três tipos. (Raquel Santos, 2003)

A assimilação dos três grupos é feita, de acordo com o método *Heath-Carter*, quando há uma relação semelhante entre os tipos. (Carter, 2002)

Central: as três componentes não diferem por mais que duas unidades

Maioritariamente endomorfo: a endomorfia é dominante e a mesomorfia e ectomorfia são iguais ou não diferem em mais que uma unidade e meia.

- Endomorfo mesomórfico: a endomorfia é dominante e a mesomorfia é maior que a ectomorfia

- Endomorfo – mesomorfo: a endomorfia e mesomorfia são iguais ou não diferem mais que uma unidade e meia, a ectomorfia é mais pequena

- Mesomorfo endomórfico: a mesomorfia é dominante e endomorfia é maior que ectomorfia

- Maioritariamente mesomorfo: a mesomorfia é dominante, a ectomorfia e endomorfia são iguais ou não diferem em mais que uma unidade e meia
- Mesomorfo ectomórfico: a mesomorfia é dominante e a ectomorfia é maior que a endomorfia
- Mesomorfo – ectomorfo: a mesomorfia é igual à ectomorfia, ou não diferem em mais que uma unidade e meia
- Ectomorfo mesomórfico: a ectomorfia é dominante e a mesomorfia é maior que a endomorfia
- Maioritariamente ectomorfo: a ectomorfia é dominante e a endomorfia e mesomorfia são iguais ou não diferem em mais que uma unidade e meia
- Ectomorfo endomórfico: a ectomorfia é dominante e a endomorfia é maior que a mesomorfia
- Ectomorfo endomorfo: a endomorfia e a ectomorfia são iguais ou não diferem em mais que uma unidade e meia, a mesomorfia é mais baixa
- Endomorfo ectomórfico: a ectomorfia é dominante e a ectomorfia é maior que a mesomorfia

Também se podem classificar por 4 grupos mais abrangentes:

- Central: os três componentes não diferem entre si em mais que uma unidade
- Endomorfo: a endomorfia é dominante, mesomorfia e ectomorfia estão abaixo em mais que uma unidade e meia
- Mesomorfo: a mesomorfia é dominante, a endomorfia e ectomorfia situam-se abaixo em mais que uma unidade e meia
- Ectomorfo: a ectomorfia é dominante, a mesomorfia e a endomorfia estão a mais que uma unidade e meia abaixo.

(DELGADO, 2004) Apresenta os somatótipos médios para alguns grupos desportivos, o qual se destaca o lançamento do dardo.

Tabela 7 Excerto da tabela de somatótipo de atletas de várias modalidades (DELGADO, 2004)

| Modalidade | Prova | Endo | Meso | Ecto |
|------------|-------------|------|------|------|
| Atletismo | Lanç. Dardo | 2,0 | 5,6 | 2,3 |

3.2.3 Composição corporal

A composição corporal mostra-se importante para determinar um pouco mais ao pormenor os constituintes do corpo de um individuo. Relacionando com o peso do individuo medições antropométricas, consegue-se encontrar a sua percentagem de gordura corporal, massa muscular, massa óssea e massa residual.

A percentagem de gordura corporal (%GC) obtém-se com uma equação proposta por *Yuhasz (1974)*, que inclui as pregas adiposas tricipital, subescapular, supra ilíaca, abdominal, coxa e pantorrilha. Representa a percentagem de tecido gorduroso presente no corpo do individuo analisado.

$$\%GC_{Masculino} = (0,1051 \times S) + 2,585(4) \text{ (Filipa Pereira, 2011) (4)}$$

Onde:

$\%GC_{Masculino}$ – percentagem de gordura corporal para pessoas do sexo feminino;

S – soma das pregas cutâneas (tricipital, subescapular, supra ilíaca, abdominal, coxa e pantorrilha).

$$\%GC_{Feminino} = (0,1548 \times S) + 3,580(5) \text{ (Filipa Pereira, 2011) (5)}$$

Onde:

$\%GC_{Feminino}$ – percentagem de gordura corporal para pessoas do sexo feminino;

S – soma das pregas cutâneas (tricipital, subescapular, supra ilíaca, abdominal, coxa e pantorrilha).

Com o cálculo da percentagem de gordura corporal é possível calcular a massa magra do individuo ou seja a massa do individuo que não contem tecido adiposo.

$$MG = \frac{(MC \times \%GC)}{100}(6) \text{ (Filipa Pereira, 2011) (6)}$$

Onde:

MG – massa gorda;

MC – massa corporal;

%GC – percentagem de gordura corporal;

A massa óssea é calculada com os diâmetros epicondilares do úmero e fémur e com a estatura. A expressão fornece a informação referente ao peso total dos ossos do indivíduo.

$$MO = 3,02 \times (EST^2 \times RU \times F \times 400)^{0,712} (7) \text{ (Filipa Pereira, 2011) (7)}$$

Onde:

MO – massa óssea;

EST – estatura;

RU – diâmetro bi-epicondilar do úmero;

F – diâmetro bi-epicondilar do fémur;

Massa residual refere-se a toda a massa dos órgãos internos, sangue e afins que não são mensuráveis por estas expressões.

$$MR_{Masculino} = MC \times 0,241 (8) \text{ (Filipa Pereira, 2011) (8)}$$

Onde:

MR_{Masculino} – massa residual para indivíduos masculinos;

MC – massa corporal.

$$MR_{Feminino} = MC \times 0,209 (9) \text{ (Filipa Pereira, 2011) (9)}$$

Onde:

MR_{Feminino} – massa residual para indivíduos femininos;

MC – massa corporal.

Por fim a massa muscular é encontrada pela soma da massa adiposa, óssea e residual com a subtração à massa total.

$$MM = MC - (MG + MO + MR) (10) \text{ (Filipa Pereira, 2011) (10)}$$

Onde:

MM – massa muscular;

MC – massa corporal;

MG – massa gorda;

MO – massa óssea;

MR – massa residual.

Capítulo 4

4.1 Metodologia

A esquematização das fases de trabalho é útil para que o desenvolvimento das tarefas seja sequencial e permita repetir qualquer tarefa a qualquer momento. Durante as avaliações biomecânicas já apresentadas demonstram-se várias metodologias utilizadas pelos autores.

A metodologia proposta por *Bartlett (1997)* indica que para uma análise tridimensional são necessárias, no mínimo, duas câmaras. Ambas devem estar no mesmo modo de gravação, para se obter a mesma taxa de fotogramas por segundo, o que permite assim uma boa sincronização. Além deste detalhe, para obter uma perfeita sincronização entre câmaras, deve-se ter um evento de sincronização, por exemplo a queda de uma bola, isto faz com o tempo de gravação fique igual em todas as câmaras. (Bartlett, 1997)

Este autor também refere dois tipos de análise possíveis, a análise quantitativa e a qualitativa.

- Análise qualitativa

Envolve o estudo do movimento, normalmente a análise é feita em baixa velocidade ou imagem a imagem, podendo se estender a uma análise quase quantitativa recorrendo a medições de deslocamentos ou cronometração. Neste método é fácil encontrar a duração de fases de movimentos, contando o seguimento de imagens, ou comprimento de passos usando uma escala real no momento da filmagem. (Bartlett, 1997)

- Análise quantitativa

Neste método é necessária uma digitalização de uma grande quantidade de dados. É um processo que utiliza coordenadas através de marcas no individuo, assim como eixos de rotação nas articulações. São formadas coordenadas espaciais e geralmente são alocadas na memória do computador através de dispositivos de digitalização. Depois da digitalização do movimento pode-se calcular os deslocamentos lineares e angulares apresentados em função do tempo. As velocidades, acelerações e posição de centros de massa podem ser obtidos através dos deslocamentos digitalizados. Uma análise desta dimensão parametriza valores em momentos

específicos, como por exemplo a forma de apoio do pé no último passo do lançamento do dardo ou o momento de largada do dardo. (Bartlett, 1997)

Normalmente obtém-se uma animação computadorizada em que os segmentos se assemelham a bastões. Esta é uma rápida e fácil forma de computadorização mas com o problema de não ser possível fazer a distinção entre a frente e a retaguarda dos membros. Pode-se contrariar este problema adicionando marcas de na frente e retaguarda e preenchendo esse espaço na digitalização, mas este processo torna a digitalização muito morosa.

4.1.1 Análise tridimensional

A escolha de tipo de análise a fazer (bidimensional ou tridimensional) deve ser feita tendo em consideração as informações físicas que se pretendem retirar da análise. Ao fazer uma análise bidimensional de um movimento apenas se tem em consideração um plano de movimento, normalmente o plano de filmagem. A vantagem deste método é que é um processo simples e barato, e é necessário pouco equipamento como câmaras. Uma das desvantagens está associada ao facto de ignorar movimentos existentes em planos para além do que está a ser filmado, provocando algum erro. Por outro lado mostra-se mais vantajoso no tempo de digitalização, que é menor, e tem menos problemas associados à metodologia. (Bartlett, 1997)

Na análise tridimensional do movimento existem mais e complexos procedimentos, consegue-se obter a verdadeira orientação espacial do movimento. Por outro lado, requer mais equipamento e mais caro. Permite também obter ângulos entre segmentos com pouca distorção. É possível criar uma animação e representação real do movimento filmado, mostrando as propriedades físicas associadas. (Bartlett, 1997)

4.1.1.1 Procedimentos de filmagem tridimensional

Para a reconstrução de um movimento em três dimensões são necessárias no mínimo duas câmaras. Ambas devem estar no mesmo modo de gravação, para se obter a mesma taxa de fotogramas por segundo, o que permite assim uma boa sincronização. Além deste detalhe, para obter uma perfeita sincronização entre câmaras, deve-se ter um evento de sincronização, por exemplo a queda de uma bola, isto faz com o tempo de gravação fique igual em todas as câmaras. (Bartlett, 1997)

4.2 Amostra

Foi decidido, no início do desenvolvimento deste trabalho, a avaliação de atletas jovens lançadores de dardo que se demonstrassem regulares em presenças nos treinos, para uma consistência dos dados.

Assim a população avaliada foi:

- Três atletas analisados
 - Dois atletas masculinos de 16 e 15 anos, atleta B e C (escalão de juvenil);
 - Uma atleta feminina de 16 anos, atleta A (escalão de juvenil);

Fizeram-se duas análises distintas, uma aos parâmetros corporais dos atletas e outra ao desempenho no lançamento.

A análise aos parâmetros corporais dos atletas foi realizada de acordo com os protocolos, em dias separados para cada atleta. Os três atletas foram avaliados em período de treino competitivo.

4.2.1 Caracterização da amostra

Tabela 8 Caracterização da amostra

| | Idade | Sexo | Altura (cm) | Envergadura (cm) | Massa (kg) |
|----------|-------|-------|-------------|------------------|------------|
| Atleta A | 16 | Fem. | 162,5 | 169,5 | 66,9 |
| Atleta B | 16 | Masc. | 165,6 | 166 | 71 |
| Atleta C | 15 | Masc. | 167,8 | 177 | 61 |

4.3 Métodos utilizados

Os dados obtidos nas medições foram posteriormente tratados com as equações já apresentadas, e o somatótipo calculado pelo programa computacional ‘*Somatotype – Calculations and Analysis*’, do grupo ‘*Sweat technologies*’. Este programa calculou os somatótipo e apresentou automaticamente a carta dos somatótipo de cada atleta.

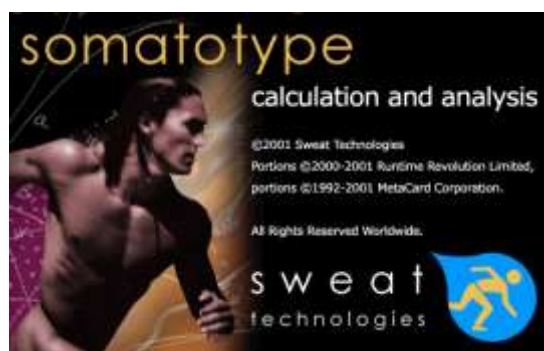


Figura 32 Imagem do programa Somatotype v 1.2.2, M E R Goulding Software Development

A análise dos lançamentos teve dois períodos de recolha de dados, ou seja de filmagens.

A primeira bateria de filmagens foi realizada em treino e uma segunda em competição. Foram feitas estas duas baterias de filmagens para ser possível a comparação do comportamento dos atletas em treino e competição. Contudo um dos atletas (atleta C) só foi filmado em competição devido à impossibilidade de lançar durante grande parte do período de treino por causa de lesão.

As datas de avaliação do desempenho durante o lançamento foram realizadas em treino a 8 de Maio de 2012 e em competição a 27 de Maio do mesmo ano. A recolha de imagens ao atleta B foi feita a 9 de Maio de 2012 e em competição a 30 de Junho do mesmo ano. Em relação ao atleta C, apenas filmado em competição, a recolha de imagens foi feita a 30 de Junho de 2012.

Para recolher os dados cinéticos recorreu-se à fotogrametria tridimensional, com o uso de, no máximo quatro câmaras para a recolha das imagens, dispostas em volta do setor de lançamento do dardo. As quatro câmaras utilizadas são *Casio™F1*, cedidas pelo Centro de Investigação de Motricidade Humana do Instituto Politécnico de Leiria, assim como o volume de calibração usado. As câmaras gravaram a uma taxa de 120 fotogramas por segundo. A digitalização dos fotogramas foi feita através do módulo Digi4 do programa computacional APAS.

O volume de calibração é formado por 36 postes de 1 metro cada, que interligados perfaziam 6 cubos (3 em cima de 3). O volume total do volume de calibração é 3x1x2, comprimento, largura e altura em metros, respetivamente.

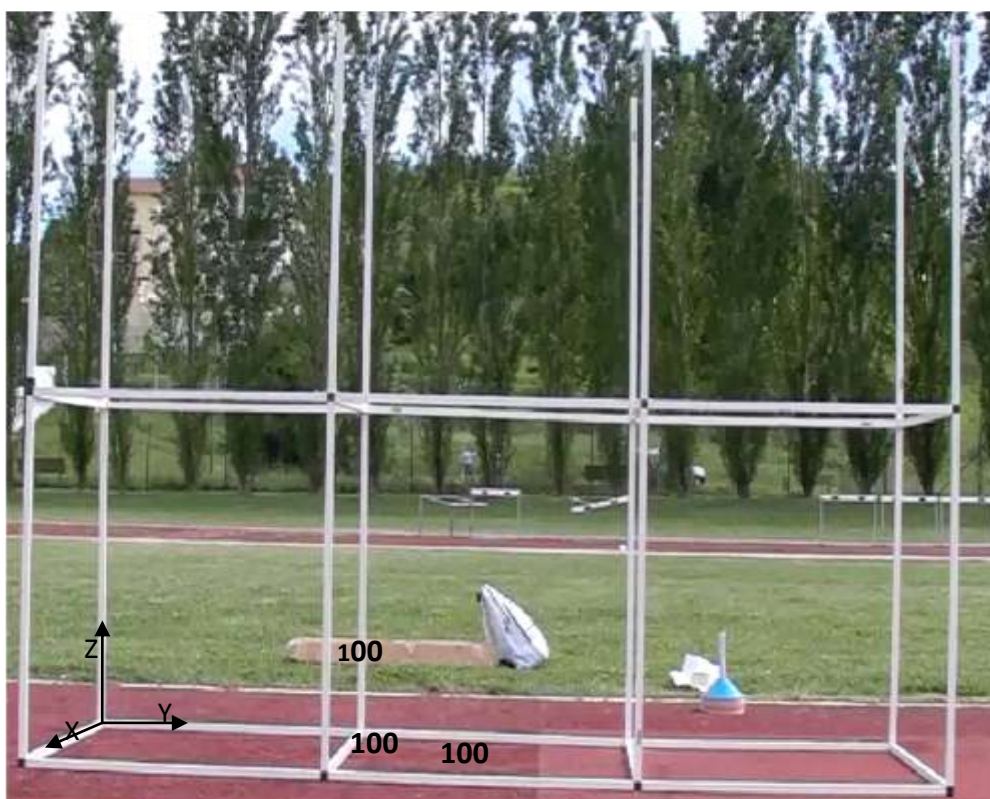


Figura 33 Volume de calibração; Sistema de coordenadas; tamanhos de segmentos do volume (cm).

As filmagens foram feitas em treinos e competições com datas distintas:

Atleta A

Tabela 9 Recolha de imagem

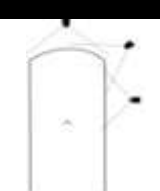
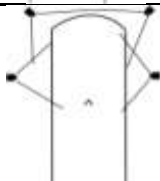
| Data | Treino | Competição | Período de treino | Disposição das câmaras | Nº de lançamentos |
|------------|--------|------------|-------------------|------------------------|-------------------|
| 8-05-2012 | X | | Força especial | | 6 |
| 27-05-2012 | | X | Competitivo | | 6 |

Em treino a disposição das câmaras diferiu de em competição, devido ao facto da câmara frontal não ser permitida em competições porque interfere com a atuação dos juízes de prova aquando a medição dos lançamentos. Recorrendo à medição por fita métrica é impossível o uso da câmara frontal, mas se ocorrer o uso de medição por laser a câmara terá de estar sem

tripé, o que no caso não foi possível. A fiabilidade dos dados não fica comprometida com esta alteração, podendo se fazer a comparação entre as duas análises.

Atleta B

Tabela 10 Recolha de imagem

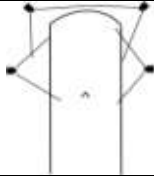
| Data | Treino | Competição | Período de treino | Disposição das câmaras | Nº de lançamentos |
|------------|--------|------------|-------------------|--|-------------------|
| 9-05-2012 | X | | Força especial |  | 6 |
| 30-06-2012 | | X | Competitivo |  | 6 |

Em treino a disposição das câmaras diferiu de em competição, devido ao facto da câmara frontal não ser permitida em competições porque interfere com a atuação dos juizes de prova aquando a medição dos lançamentos. Em medição por fita métrica é impossível o uso da câmara frontal, mas se ocorrer o uso de medição por laser a câmara terá de estar sem tripé, o que no caso não foi possível.

Na análise em treino não foi possível validar os dados obtidos pela câmara em posição diagonal, pois a sua posição foi alterada durante a filmagem, procedendo-se à análise com apenas duas câmaras, a frontal e a lateral. A fiabilidade dos dados não fica comprometida com esta alteração, podendo se fazer a comparação entre as duas análises.

Atleta C

Tabela 11 Recolha de imagem

| Data | Treino | Competição | Período de treino | Disposição das câmaras | Nº de lançamentos |
|------------|--------|------------|-------------------|--|-------------------|
| - | - | - | - | - | - |
| 30-06-2012 | | X | Competitivo |  | 3 |

O atleta C só dispôs de 3 lançamentos na competição pois não conseguiu passar à final, onde tinha direito a mais três. Esta análise fica reduzida a três lançamentos, não sendo possível criar um modelo fiavelmente constante do desempenho do atleta mas é possível averiguar os erros de maior dimensão no seu desempenho técnico.

4.4 Materiais

Os materiais que foram necessários para a execução dos vários parâmetros utilizados foram cedidos em grande parte pelo Instituto Politécnico de Leiria.

Para a avaliação antropométrica dos atletas foram utilizados:

- Adipómetro (Sanny)
- Paquímetro (Sanny)
- Estadiómetro (Sanny)
- Fita métrica (Sanny)

Para a filmagem da execução técnica o material necessário:

- 4 Câmaras *Casio™ F1*
- Volume de calibração

Para a o tratamento de dados os programas computacionais:

- Microsoft® Excel®
- APAS – Ariel Dynamics

- Somatotype, v 1.2.2, M E R Goulding Software Development©

- Matlab®/Simulink®

4.4.1 APAS – Ariel Dynamics System

A Ariel Dynamics foi criada em 1968 com o propósito de conceber ferramentas computacionais de ajuda a análises biomecânicas.

O programa computacional é composto por 13 módulos diferentes e cada módulo tem uma função de análise ou de preparação para análise. A consulta está disponível em formato de leitura no sítio da internet do programa.

O primeiro módulo do programa é o CapDV. Este módulo destina-se à recolha das filmagens diretamente para o computador, através de câmaras a ele ligadas. Este módulo ainda permite a entrada em simultâneo de sinais eletromiográficos.

De seguida é o módulo TRIMMER. Com o TRIMMER consegue-se visualizar várias vistas do mesmo vídeo, cortá-las e sincronizá-las.

O DIGITIZE (DIGI4) é o módulo onde se faz a digitalização de cada fotograma. É dos módulos mais importantes do programa, pois é consoante a qualidade da digitalização que se poderá validar ou não os dados daqui recolhidos. No início do módulo tem de se introduzir alguns dados do avaliado, quantos pontos e quais o modelo irá ter e ainda indicar as coordenadas dos pontos do volume de calibração. Ainda antes da digitalização deve-se atribuir os pontos ao volume de calibração, para o programa criar as coordenadas espaciais.

A digitalização pode ocorrer de duas formas possíveis, manualmente e automaticamente. Com a digitalização manual o utilizador tem de marcar os pontos previamente definidos também neste módulo. Para utilizar o método automático a analisado precisa de ter marcas físicas bem visíveis nos pontos a digitalizar. Apenas é preciso atribuir os pontos a cada sítio pretendido no primeiro fotograma e depois o programa corre todos os fotogramas seguintes.

Depois da digitalização de todas as vistas do vídeo recorre-se ao módulo TRANSFORM. Este módulo faz a junção dos vários planos gravados e transforma cada ponto em referência tridimensional. O algoritmo usado é o *3DLT – tridimensional direct linear transformation* e faz também uma suavização dos dados. (Daniel Bardsley, s.d.)

O próximo módulo apresentado é o FILTER. No FILTER faz-se a filtragem dos dados para minimizar os erros da digitalização e o ruído digital. Cada ponto é filtrado e suavizado com um

dos três filtros possíveis do programa. Os três filtros são o *quintic spline*, *digital filter* e *cubic spline*. O filtro utilizado neste trabalho foi o digital filter, utiliza um filtro Butterworth, que faz um corte de frequência passa-baixo.

Para a análise tanto se pode utilizar o módulo DISPLAY ou o módulo APASVIEW. Os dois módulos são semelhantes, ambas mostram os deslocamentos, velocidades e acelerações dos vários pontos. Também os ângulos de segmentos e de articulações, velocidades e acelerações angulares podem ser analisados. O módulo APASVIEW tem a opção adicional de ver os gráficos juntamente com os vídeos e respetivo modelo. Isto permite analisar instantaneamente os dados em cada fotograma.

Os outros módulos são o Analog, o Vectors, Apas2exel, Apas2text, Delta e Kinetics.

4.4.2 Somatotype

O programa computacional Somatotype destina-se ao cálculo de somatótipo individual e de grupos. Também mostra estatística, cartas somatotópicas, categorias e comparação de indivíduos e/ou grupos. É um programa de uso intuitivo e fácil.

Depois de fazer as medições devidas, os valores são introduzidos em caixas. Além desses valores também se introduz a intensidade, frequência e duração de atividade física. O programa calcula o somatótipo mostrando também a carta somatotópica. As cartas podem ser exportadas em formato pdf.

4.4.3 Matlab/Simulink

Matlab é um programa direcionado para o cálculo de matrizes e processamento de sinais. Permite fazer cálculos complexos de forma rápida e a sua linguagem de programação é simples e intuitiva. A extensão Simulink utiliza blocos com operações, interagindo de forma esquemática. Permite a introdução de ficheiros com linguagem de programação nos blocos de computação e assim obter gráficos ou representações animadas de movimentos.

4.4.4 Microsoft Excel

O programa de computação serviu para a elaboração de tabelas com os valores obtidos com o programa APAS – ‘*Ariel Dynamics*’ e posterior tratamento e exportação para o relatório.

4.5 Procedimentos

Numa primeira fase estudaram-se quais os métodos de gravação e que posições eram mais adequadas para as câmaras.

O procedimento de filmagem começou com a montagem do volume de calibração no local onde as ultimas fases a ser analisadas vão decorrer. Depois posicionaram-se as câmaras de modo a que todo o espaço ocupado pelo volume de calibração fosse apanhado pelo espectro angular dos aparelhos. Neste ponto fez-se uma filmagem breve do volume de calibração no local do lançamento. Esta filmagem serve para obter os vídeos de calibração. Assim retirou-se o volume de calibração do setor de lançamento e procedeu-se à gravação dos lançamentos.

As várias vistas dos vídeos foram transferidas para um computador. Os vídeos, filmados em alta definição e formato MOV foram convertidos para formato AVI. Este formato é o suportado pelo programa APAS. A seguir à conversão cortaram-se e sincronizaram-se as respetivas vistas dos vídeos no módulo Trimmer.

A digitalização foi feita manualmente em cada fotograma. Antes foram inseridos todos os parâmetros requeridos para uma digitalização.

Foram inseridos 19 pontos para o modelo biomecânico dos jovens lançadores. Os pontos, colocados em articulações mais relevantes são no pé, calcanhar, tornozelo, joelho, anca, ombro, cotovelo, pulso, mão e cabeça. Mais três pontos inseridos no dardo, um na ponta, na pega e outro na extremidade da cauda.

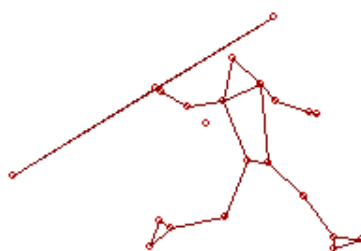


Figura 34 Modelo biomecânico de 19 pontos

À digitalização seguiu-se a transformação dos pontos bidimensionais em tridimensionais. Depois fez-se uma filtragem dos dados e por fim a análise dos valores obtidos. A filtragem utilizada foi baseada no modelo Butterwoth, o digital filter com uma frequência de 5 Hz.

O lançamento foi dividido em três fases temporais com base em *Campos et al.*

O primeiro momento ocorre quando o pé direito entra em contato com o solo, iniciando a fase preparatória do lançamento. Foi designado de f1.

O segundo momento de passagem de fase dá-se quando o pé esquerdo entra em contato com o solo, fazendo a ação do bloco. Foi designado de f2.

O terceiro momento ocorre exatamente no momento em que o dardo deixa de estar em contato com a mão (f3).



Figura 35 Momentos separadores das fases

Duas fases temporais foram também idealizadas para análises do tempo entre momentos. Essas fases são delimitadas por f1 e f2, denominado de F1 e a fase temporal F2, delimitada pelos momentos f2 e f3.

Para todos os momentos, o tempo do primeiro fotograma for o considerado para o acontecimento do momento.

Em relação ao procedimento da obtenção das medidas antropométricas, primeiro fizeram-se uma serie de medições para o ganho de prática na maneabilidade dos aparelhos e maior fiabilidade dos valores obtidos. (DELGADO, 2004)

No seguimento e em dias separados mediram-se os três atletas. Os valores foram registados e tratados em computador no programa *Microsoft Excel*. Os valores importantes para o cálculo do somatótipo foram introduzidos no programa *Somatotype*. Posteriormente à obtenção dos dados procedeu-se à análise dos resultados.

Finalmente, após os resultados obtidos na análise biomecânica dos lançamentos fizeram-se simulações do voo do dardo e das distâncias obtidas através de equações cinemáticas de projéteis. Estas equações não compreendem parâmetros importantes da saída do dardo, como ângulo de ataque, nem nenhum ângulo lateral pois são equações bidimensionais. Também não incluem as influências aerodinâmicas no dardo durante o voo. Apenas incluem as velocidades de saída vertical e horizontal, altura de saída e ângulo de saída. (Diana Andrade, s.d.)

Capítulo 5

5.1 Resultados e discussão

Durante este capítulo são feitos três análises distintas.

Uma análise ao desempenho dos atletas no lançamento, onde são avaliados os parâmetros que dizem respeito à execução técnica, outra para avaliar a composição corporal e por último a condição física dos atletas, onde se vê a evolução dos aspetos físicos ao longo da época para perceber o pico de forma do atleta.

5.1.1 Análise do desempenho no lançamento

Para entender o desempenho dos atletas no lançamento decidiu-se separar esta análise em dois tipos de avaliação distintos:

Análise quantitativa, onde se mostram os dados cinemáticos e mais detalhados sobre os aspetos mais importantes no lançamento do dardo, segundo a literatura pesquisada. Faz-se uma comparação entre os lançamentos de treino e competição de cada atleta.

Neste tipo de análise apresentam-se e discutem-se os seguintes resultados:

- Tempo de fases do lançamento;
- Posição corporal e trajetória do dardo.

Análise qualitativa, servindo para indicar o estilo de lançamento utilizado pelos atletas, a posição que tomam em momentos chave do lançamento e o caminho que o dardo toma durante todo este processo.

5.1.1.1 Análise quantitativa

Os dados recolhidos dos três atletas são agora analisados, a escolha dos parâmetros foi feita em conformidade com a literatura consultada.

Os parâmetros analisados são:

- Parâmetros de saída do dardo
- Ângulos corporais

- Caminho de aceleração de pontos-chave

Tabela 12 Resultados desportivos da amostra

| Atleta | Marca em treino (m) | Média de lançamentos em treino (m) | Marca competição (m) | Média de lançamentos competição (m) | Record Pessoal | Massa dardo (gr.) |
|--------|---------------------|------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| A | 38,61 | 34,91 | 43,34 | 34,91 | 45,27 | 500 |
| B | 45,13 | 43,80 | 52,80 | 51,30 | 55,96 | 700 |
| C | - | - | 39,26 | 38,29 | 42,68 | 700 |

Em relação à atleta A o seu recorde pessoal foi obtido na competição da análise, posteriormente batido conforme o apresentado. Anteriormente à análise o seu recorde situava-se nos 42 metros. Os restantes atletas têm o seu recorde pessoal desde a época passada.

5.1.1.1.1 Atleta A

Parâmetros de saída

As tabelas indicam os parâmetros médios e máximos de saída dos lançamentos em treino e em competição.

É importante perceber os aspetos que influenciam a saída do dardo, pois são esses aspetos que determinam a distância obtida.

Tabela 13 Parâmetros de saída, média e melhor lançamento, atleta A

| | Média | | | | | | | |
|---------------|----------------|----------|-----------------|----------|---------------------|----------|-------------------------|----------|
| | Âng. Saída (°) | DP (+/-) | Âng. Ataque (°) | DP (+/-) | Âng. Saída lat. (°) | DP (+/-) | Âng. Ataque lateral (°) | DP (+/-) |
| Prova | 39,05 | 2,10 | 7,32 | 3,51 | 9,66 | 6,27 | -10,67 | 8,04 |
| Treino | 40,60 | 2,4 | -4,23 | 3,07 | -0,74 | 3,78 | -7,32 | 4,87 |
| | Melhor | | | | | | | |
| | Âng. Saída (°) | | Âng. Ataque (°) | | Âng. Saída lat. (°) | | Âng. Ataque lateral (°) | |
| Prova | 40,23 | | -0,97 | | 6,81 | | -11,32 | |
| Treino | 40,79 | | -2,06 | | 0,58 | | -4,14 | |

Tabela 14 Resultado e parâmetros de saída, média e melhor lançamento, atleta A

| | Média | | | | | |
|---------------|---------------|----------|------------------|----------|----------------|----------|
| | Distância (m) | DP (+/-) | Vel. Saída (m/s) | DP (+/-) | Alt. Saída (m) | DP (+/-) |
| Prova | 39,70 | 2,74 | 12,63 | 1,28 | 1,52 | 0,02 |
| Treino | 34,91 | 2,56 | 13,54 | 1,47 | 1,53 | 0,03 |
| Melhor | | | | | | |
| | Distância (m) | | Vel. Saída (m/s) | | Alt. Saída (m) | |
| Prova | 43,34 | | 13,36 | | 1,49 | |
| Treino | 38,61 | | 13,66 | | 1,51 | |

A distância obtida em treino e em competição diferencia-se em termos médios em cerca de cinco metros. A velocidade de saída, um dos fatores que mais relação tem com a distância obtida no lançamento do dardo. (J. Campos, s.d.). O caso da atleta A, mostra velocidades de saídas superiores em treino que em competição, e sendo a distância obtida em treino inferior, pode-se afirmar que a diferença se deve ao ângulo de saída ser mais baixo, por volta dos 40°, perto do defendido por *Xu e Nelson*, mas mais alto que o demonstrado por atletas internacionais de elite, cerca de 33,6°. (Lehmann, 2009), (Federations, 2011)

O ângulo de ataque (diferença entre ângulo de saída e ângulo de atitude) em prova mostra-se positivo e em treino negativo. Este ângulo é positivo quando o ângulo de saída é maior que o de atitude, o que faz com que o dardo atinja uma altura de voo maior. Esta altura de voo deve ser adequada às condições atmosféricas como o vento, assim como o ângulo de saída do dardo. Para ventos frontais o ângulo de saída do dardo deve ser mais baixo para as condições de escoamento no ar serem melhores. (Bartlett, s.d.)

O ângulo de ataque deve-se situar em +/- 8°, segundo *Campos et al.*

O ângulo de saída lateral é positivo em competição e negativo em treino. O facto de ser positivo deve-se ao vetor velocidade ser aplicado com direção à esquerda da linha média longitudinal do setor do dardo. Porém o ângulo médio demonstrado pela atleta em competição mostra-se algo elevado, pois deverá ser mais coincidente com o ângulo de atitude lateral. Através do ângulo de ataque lateral percebe-se a distância entre o ângulo de saída lateral e o de atitude lateral que se demonstra demasiado elevado.

Em treino e em competição os enghos pela atleta lançados mostram apetência para o lado esquerdo do setor de queda, o que é comprovado pelo excessivo ângulo de saída lateral. O dardo toma a direção e sentido do vetor resultante entre o ângulo de saída lateral a ângulo de atitude lateral.

Pode-se afirmar que em termos de ângulo lateral a atleta mostrou melhor desempenho em treino. Na maioria dos parâmetros a atleta teve em maior evidência em treino, porém não esteve melhor no ângulo de saída do dardo, que com a adição de fatores aerodinâmicos se torna muito relevante para a distância final.

Ângulos corporais

Neste seguimento analisam-se os ângulos médios do joelho direito e esquerdo, assim como o ângulo do ombro e cotovelo em treino e competição, fazendo-se a respetiva comparação.

Tabela 15 Ângulos dos membros inferiores, atleta A

| | Ângulos da perna direita e esquerda | | | |
|----------------------|-------------------------------------|----------|-------------------------|----------|
| | Média em treino (°) | DP (+/-) | Média em Competição (°) | DP (+/-) |
| Âng. Máx. Flex. Esq. | 133,64 | 14,04 | 108,59 | 13,17 |
| Âng. Joelho esq.f2 | 159,23 | 3,99 | 157,48 | 2,83 |
| Âng. Joelho esq.f3 | 158,95 | 11,89 | 167,17 | 11,38 |
| Âng. Máx. Flex. Dir. | 98,24 | 13,38 | 111,35 | 7,98 |
| Âng. Joelho dir.f2 | 145,52 | 9,35 | 145,71 | 4,96 |
| Âng. Joelho dir.f3 | 119,38 | 10,19 | 114,75 | 5,82 |

A maior parte da energia cinética no lançamento do dardo vem dos membros inferiores do atleta. A perna de bloco (perna esquerda) serve para favorecer a transferência da energia cinética da corrida para a parte superior do corpo e daí para o dardo. (J. Campos, s.d.)

No momento f2 é quando a perna de bloco sofre grande parte da pressão de toda a energia cinética trazida da corrida. Nesta fase o ângulo do joelho direito deve permitir que o pé direito empurre todo o lado direito para a frente, pelo que não deve ser muito alto nem muito baixo.

A maior flexão da perna esquerda atleta dá-se na fase F1, o que é compreensível já que nesta fase é quando existe a preparação e entrada desta perna para o bloco. O bloco da atleta não varia muito de treino para competição, estando perto intervalo apresentado por Campos et al, de 160°-180°.

O ângulo de flexão da perna direita no momento f2 é semelhante em treino e competição, como também o é no momento f3. A flexão em f3 é maior devido à passagem da perna direita para a frente da atleta, a fim de parar o movimento.

Tabela 16 Ângulos do segmento superior de lançamento, atleta A

| | Média em treino (°) | DP (+/-) | Média em Competição (°) | DP (+/-) |
|------------------------------|------------------------|-------------|----------------------------|-------------|
| Âng. Ombro dir.f2 | 79,02 | 16,15 | 97,79 | 5,30 |
| Âng. Ombro dir.f3 | 71,81 | 12,69 | 140,59 | 2,24 |
| Âng. Cotovelo.dir.f2 | 92,67 | 25,33 | 125,96 | 12,69 |
| Âng. Cotovelo.dir.f3 | 144,11 | 8,60 | 148,65 | 8,20 |
| Âng. Máx. Flex. Cot. Dir. | 80,77 | 21,93 | 92,60 | 40,10 |

O ângulo do ombro é formado pelo lado direito do tronco e o respetivo braço. Não se encontraram comprovativos literários que aconselhem um ângulo ideal, mas é compreensível que seja superior a 90 ° para permitir ao cotovelo passar acima da altura do ombro, pois é anatomicamente mais favorável, permitindo melhor transferência de energia cinética entre tronco e braço e evitando lesões ao nível do cotovelo. A atleta demonstrou melhores ângulos do ombro em competição que em treino. Em f2 é quando este ângulo deve ser preservado, já que em f3 este ângulo só é importante para a indicação da altura do dardo.

Em treino a atleta demonstra um ângulo do cotovelo muito baixo. Quanto maior for o ângulo do cotovelo maior será o caminho de aceleração possível. (Calvin Morriss, s.d.)

Em competição o ângulo já se encontra melhor mas ainda um pouco abaixo do mostrado em *Morriss et al*, por atletas de elite internacional. Na fase F2 o cotovelo sofre sempre flexão e deve ser a máxima, não se repetindo em nenhuma outra fase do lançamento. Os ângulos de máxima flexão do cotovelo direito demonstrados pela atleta em treino e competição são bons, sendo preferencialmente melhores os visualizados em competição.

Caminho de aceleração

Em *Campos et al* apresenta-se o caminho de aceleração como sendo a distância entre o centro de massa do dardo e o ponto direito da anca. Neste trabalho foi decidido abordar o caminho de aceleração de forma diferente, apresentando os valores de distância do percurso dos pontos-chave.

Tabela 17 Caminho de aceleração do joelho, anca, ombro e mão, atleta A

| | | Média em Treino (m) | DP (+/-) | Média em Competição (m) | DP (+/-) |
|-----------------|-------|---------------------------|-------------|----------------------------|-------------|
| Cam. Ac. Joelho | F1 | 0,86 | 0,27 | 0,90 | 0,06 |
| | F2 | 0,53 | 0,09 | 0,68 | 0,09 |
| | Total | 1,38 | 0,20 | 1,58 | 0,11 |
| Cam. Ac. Anca | F1 | 1,19 | 0,31 | 1,26 | 0,09 |
| | F2 | 0,40 | 0,08 | 0,50 | 0,03 |
| | Total | 1,58 | 0,27 | 1,76 | 0,08 |
| Cam. Ac. Ombro | F1 | 1,97 | 0,57 | 1,31 | 0,10 |
| | F2 | 0,48 | 0,29 | 0,79 | 0,08 |
| | Total | 2,45 | 0,40 | 2,10 | 0,10 |
| Cam. Ac. Mão | F1 | 1,56 | 1,65 | 1,27 | 0,07 |
| | F2 | 0,77 | 0,94 | 1,61 | 0,07 |
| | Total | 2,34 | 0,98 | 2,88 | 0,06 |

A tabela deve ser consultada em simultâneo com os gráficos da velocidade de cadência de movimentos no apêndice A.

Ao chegar à fase final do lançamento (F2) os atletas devem procurar acelerar o máximo de pontos de articulação possíveis de forma sequencial, de baixo para cima. Esta aceleração sequencial começa nos pés e termina na mão de lançamento. Os picos de velocidade dos pontos importantes do lado direito podem ser vistos no apêndice A, e mostram a sequência dos movimentos através de picos de velocidade em função do tempo.

O caminho de aceleração mostrou-se maior em competição em todos os pontos analisados. Este facto pode ajudar a explicar, em parte, a razão da obtenção de melhores resultados em competição do que em treino.

Ao analisar os gráficos dos picos de velocidade da cadência de movimentos foi possível perceber que a atleta tem o pico de velocidade do ombro antes da fase F2 do lançamento. Isto pode indicar uma antecipação do ombro inviabilizando a torção dos músculos do tronco, proporcionado pela diferença angular entre a linha da anca e a linha dos ombros. Este simples aspeto diminui a eficiência da transferência da energia cinética trazida da corrida para o dardo.

Contudo o aspeto anteriormente frisado é atenuado em competição, já que a atleta mostra uma sequência de picos de velocidades melhor. O ombro apresenta o pico de velocidade na fase F2 imediatamente antes do pico de velocidade da mão, como se pode verificar no apêndice A.

5.1.1.1.2 Atleta B

Parâmetros de saída

As tabelas indicam os parâmetros médios e máximos de saída dos lançamentos em treino e em competição.

É importante perceber os aspetos que influenciam a saída do dardo, pois são esses aspetos que determinam a distância obtida.

Tabela 18 Parâmetros de saída, média e melhor lançamento, atleta B

| | Média | | | | | | | |
|---------------|----------------|----------|-----------------|----------|---------------------|----------|-------------------------|----------|
| | Âng. Saída (°) | DP (+/-) | Âng. Ataque (°) | DP (+/-) | Âng. Saída lat. (°) | DP (+/-) | Âng. Ataque lateral (°) | DP (+/-) |
| Prova | 37,23 | 1,70 | -4,69 | 2,10 | 4,43 | 5,68 | -3,92 | 3,33 |
| Treino | 38,00 | 4,20 | -0,14 | 7,60 | 6,20 | 4,19 | -7,49 | 4,09 |
| Melhor | | | | | | | | |
| | Âng. Saída (°) | | Âng. Ataque (°) | | Âng. Saída lat. (°) | | Âng. Ataque lateral (°) | |
| Prova | 38,41 | | -5,31 | | 4,79 | | 0,21 | |
| Treino | 40,23 | | 2,40 | | 1,65 | | -8,10 | |

Tabela 19 Resultado e parâmetros de saída, média e melhor lançamento, atleta B

| | Média | | | | | |
|---------------|---------------|----------|------------------|----------|----------------|----------|
| | Distância (m) | DP (+/-) | Vel. Saída (m/s) | DP (+/-) | Alt. Saída (m) | DP (+/-) |
| Prova | 51,30 | 1,91 | 17,54 | 0,55 | 1,49 | 0,02 |
| Treino | 43,80 | 1,95 | 11,47 | 2,30 | 1,59 | 0,04 |
| Máximo | | | | | | |
| | Distância (m) | | Vel. Saída (m/s) | | Alt. Saída (m) | |
| Prova | 52,80 | | 16,77 | | 1,46 | |
| Treino | 45,05 | | 13,57 | | 1,63 | |

O atleta B obtém melhores resultados em competição do que em treino em cerca de 7 metros.

A média do ângulo de saída do dardo verificada em treino e competição é semelhante ao encontrado em atletas de nível internacional em *Campos et al* e *Morriss et al*. Também nos

melhores lançamentos, os mesmos ângulos se verificam. Em treino o ângulo de ataque é mais baixo, indicando uma boa proximidade de direção e sentido do vetor velocidade de saída e direção e sentido do dardo, porem o mesmo não ocorre no ângulo de ataque lateral, ocorrendo o inverso. Numa primeira análise, a distância obtida pode começar a ser diferenciada a partir desta aspeto. Também o ângulo de saída do dardo em competição é melhor, segundo o percebido por *Lehmann (2009)*.

Em relação à altura de saída, em treino o atleta consegue maiores alturas, o que, transferido para a prova poderia resultar numa melhor distância.

Ângulos corporais

Neste seguimento analisam-se os ângulos médios do joelho direito e esquerdo, assim como o ângulo do ombro e cotovelo em treino e competição, fazendo-se a respetiva comparação.

Tabela 20 Ângulos dos membros inferiores, atleta B

| | Ângulos da perna direita e esquerda | | | |
|----------------------|-------------------------------------|----------|-------------------------|----------|
| | Média em treino (°) | DP (+/-) | Média em Competição (°) | DP (+/-) |
| Âng. Máx. Flex. Esq. | 141,49 | 7,19 | 142,26 | 10,15 |
| Âng. Joelho esq.f2 | 168,82 | 2,96 | 168,28 | 3,50 |
| Âng. Joelho esq.f3 | 152,03 | 7,15 | 160,66 | 8,85 |
| Âng. Máx. Flex. Dir. | 106,20 | 6,56 | 98,42 | 5,07 |
| Âng. Joelho dir.f2 | 139,91 | 4,11 | 125,43 | 2,86 |
| Âng. Joelho dir.f3 | 140,51 | 3,39 | 128,31 | 3,85 |

A perna esquerda tem ângulos dentro do intervalo 160-180° apresentados por *Campos et al*, no momento f2. Isto indica um bom trabalho da perna esquerda para fazer o bloco e permitir a cadência de movimentos do lado direito da fase seguinte.

O joelho direito também apresenta valores dentro do intervalo mostrado por atletas de nível internacional. (J. Campos, s.d.)

Tabela 21 Ângulos do segmento superior de lançamento, atleta B

| | Ângulos do braço direito e esquerdo | | | |
|---------------------------|-------------------------------------|----------|-------------------------|----------|
| | Média em treino (°) | DP (+/-) | Média em Competição (°) | DP (+/-) |
| Âng. Ombro dir.f2 | 113,51 | 7,66 | 100,69 | 3,14 |
| Âng. Ombro dir.f3 | 89,75 | 19,25 | 126,35 | 5,90 |
| Âng. Cotovelo.dir.f2 | 69,18 | 33,80 | 109,43 | 16,31 |
| Âng. Cotovelo.dir.f3 | 144,83 | 13,03 | 137,93 | 15,99 |
| Âng. Máx. Flex. Cot. Dir. | 88,05 | 19,46 | 103,72 | 17,14 |

O ângulo médio do cotovelo direito tem valores melhores no momento f2 em competição, mas quer em treino, quer em competição, ambos se encontram cerca de abaixo do utilizado por atletas de elite em *Morriss et al* e *Campos et al*. Este pode ser um parâmetro a corrigir.

O ângulo do ombro parece muito bom, sendo possível perceber que o braço passa mais alto que a linha dos ombros do atleta.

Caminho de aceleração

Em *Campos et al* apresenta-se o caminho de aceleração como sendo a distância entre o centro de massa do dardo e o ponto direito da anca. Neste trabalho foi decidido abordar o caminho de aceleração de forma diferente, apresentando os valores de distância do percurso dos pontos-chave.

Tabela 22 Caminho de aceleração do joelho, anca, ombro e mão, atleta B

| | | Média em treino (m) | DP (+/-) | Média em Competição (m) | DP (+/-) |
|----------------|-------|---------------------|----------|-------------------------|----------|
| | | Cam. Ac. Joelho | F1 | 0,85 | 0,04 |
| F2 | 0,40 | | 0,05 | 0,45 | 0,06 |
| Total | 1,25 | | 0,08 | 1,28 | 0,09 |
| Cam. Ac. Anca | F1 | 1,07 | 0,24 | 1,25 | 0,20 |
| | F2 | 0,36 | 0,05 | 0,35 | 0,18 |
| | Total | 1,43 | 0,23 | 1,60 | 0,06 |
| Cam. Ac. Ombro | F1 | 0,63 | 0,15 | 1,16 | 0,06 |
| | F2 | -0,05 | 0,29 | 0,71 | 0,11 |
| | Total | 0,58 | 0,20 | 1,87 | 0,09 |
| Cam. Ac. Mão | F1 | 1,16 | 0,42 | 1,23 | 0,14 |
| | F2 | 0,86 | 0,47 | 1,26 | 0,19 |
| | Total | 2,03 | 0,85 | 2,48 | 0,28 |

Os caminhos de aceleração médios em treino e competição são semelhantes, sendo um pouco melhores em competição.

Onde existe maior diferença é no caminho de aceleração do ombro, que em competição é largamente maior, o que pode indicar melhor transferência de energia entre a anca e ombro, produzindo melhores lançamentos. Os picos de velocidade dos pontos-chave no apêndice A estão com a sequência ideal e nota-se uma grande diferença de velocidade entre o ombro e a mão, percebendo-se assim que os músculos do braço (incluindo os do ombro) têm um papel fundamental na transferência e incrementação de energia cinética.

5.1.1.1.3 Atleta C

Do atleta C só foi possível a filmagem em competição de três lançamentos, não sendo possível criar uma padronização dos aspetos a melhorar. Porém pode-se ter uma noção dos parâmetros mais importantes a ter em conta.

Os parâmetros de saída do segundo lançamento não foram incluídos na análise devido a erro em duas câmaras. Assim apresenta-se uma comparação entre o primeiro e terceiro lançamentos, em que a distância obtida foi próxima.

Apresentam-se os valores médios dos três lançamentos em relação a pontos articulares importantes, para criar uma padronização do estilo de lançamento do atleta.

Parâmetros de saída

As tabelas indicam os parâmetros de saída dos lançamentos em treino e em competição.

É importante perceber os aspetos que influenciam a saída do dardo, pois são esses aspetos que determinam a distância obtida.

Tabela 23 Parâmetros de saída, pior e melhor lançamento, atleta C

| Primeiro lançamento | | | | |
|---------------------|----------------|-----------------|---------------------|-------------------------|
| | Âng. Saída (°) | Âng. Ataque (°) | Âng. Saída lat. (°) | Âng. Ataque lateral (°) |
| Prova | 44,04 | 5,9 | 28,26 | 6,40 |
| Terceiro lançamento | | | | |
| | Âng. Saída (°) | Âng. Ataque (°) | Âng. Saída lat. (°) | Âng. Ataque lateral (°) |
| Prova | 33,54 | -16,09 | 13,26 | -27,17 |

Tabela 24 Resultado e parâmetros de saída, pior e melhor lançamento, atleta C

| Primeiro lançamento | | | |
|---------------------|------------------|---------------------|-------------------|
| | Distância (m) | Vel. Saída (m/s) | Alt. Saída (m) |
| Prova | 39,34 | 12,94 | 1,56 |
| Terceiro lançamento | | | |
| | Distância (m) | Vel. Saída (m/s) | Alt. Saída (m) |
| Prova | 39,26 | 16,44 | 1,53 |

As tabelas mostram os parâmetros de saída nos lançamentos, um e três.

O resultado obtido nos dois lançamentos é semelhante, mas o valor que mais se destaca é o da velocidade de saída que é maior no terceiro lançamento, 16,44 m/s, contra os 12,94 m/s do outro. Sendo a velocidade de saída um valor fundamental para um bom resultado (J. Campos, s.d.), a distância deveria ter sido maior, mas o problema situou-se em grande parte nos ângulos. No primeiro lançamento registou-se um ângulo de saída demasiado elevado, 44°, longe do mostrado por atletas de nível internacional em *Morriss et al*, *Campos et al* e *Lehmann*, em média 36°. No terceiro lançamento o ângulo de saída é melhor, porem os ângulos de desvio lateral são muito desmesurados o que indica um descontrolo da posição do dardo, sendo que o vetor da velocidade de saída não tem a mesma direção que a direção do dardo.

A distância do terceiro lançamento poderia ser maior se os ângulos estivessem mais adequados.

Ângulos corporais

Neste seguimento analisam-se os ângulos médios do joelho direito e esquerdo, assim como o ângulo do ombro e cotovelo em treino e competição, fazendo-se a respetiva comparação.

Tabela 25 Ângulos dos membros inferiores, atleta C

| | Ângulos da perna direita e esquerda | |
|-------------------------|-------------------------------------|-------------|
| | Média em Competição (°) | DP (+/-) |
| Âng. Máx. Flex. Esq. | 97,74 | 8,70 |
| Âng. Joelho esq.f2 | 152,62 | 2,19 |
| Âng. Joelho esq.f3 | 172,32 | 3,14 |
| Âng. Máx. Flex. Dir. | 103,69 | 9,41 |
| Âng. Joelho dir.f2 | 144,35 | 2,13 |
| Âng. Joelho dir.f3 | 149,77 | 16,10 |

O ângulo do joelho esquerdo está perto do defendido em *Campos et al* e do demonstrado no mesmo estudo por atletas de elite. Estes ângulos são semelhantes em todos os lançamentos. O atleta só necessita de diminuir a flexão da perna esquerda cerca de 10 ° para ter um bloco mais eficaz.

Tabela 26 Ângulos do segmento superior de lançamento, atleta C

| | Ângulos do braço direito e esquerdo | |
|------------------------------|-------------------------------------|-------------|
| | Média em Competição (°) | DP (+/-) |
| Âng. Ombro dir.f2 | 100,28 | 17,13 |
| Âng. Ombro dir.f3 | 122,38 | 4,18 |
| Âng. Cotovelo.dir.f2 | 131,10 | 34,29 |
| Âng. Cotovelo.dir.f3 | 106,98 | 48,13 |
| Âng. Máx. Flex. Cot. Dir. | 80,58 | 16,85 |

O atleta C demonstra alguma flexão o cotovelo direito quando chega ao momento f1, segundo o percebido em *Morriss et al*.

A flexão máxima do braço direito ocorre durante a fase F2 (tempo em que ocorre a saída do dardo), dividido ao caminho que o cotovelo é forçado a tomar. Assim a flexão que este atleta dispõe é de 80,58°, semelhante ao mostrado por atletas de elite em *Morriss et al*.

Caminho de aceleração

Em *Campos et al* apresenta-se o caminho de aceleração como sendo a distância entre o centro de massa do dardo e o ponto direito da anca. Neste trabalho foi decidido abordar o caminho

de aceleração de forma diferente, apresentando os valores de distância do percurso dos pontos-chave.

Tabela 27 Caminho de aceleração do joelho, anca, ombro e mão, atleta C

| | | Lançamento 1 (m) | Lançamento 3 (m) |
|-----------------|-------|---------------------|---------------------|
| Cam. Ac. Joelho | F1 | 0,69 | 0,63 |
| | F2 | 0,36 | 0,43 |
| | Total | 1,04 | 1,06 |
| Cam. Ac. Anca | F1 | 1,28 | 0,98 |
| | F2 | 0,52 | 0,54 |
| | Total | 1,80 | 1,52 |
| Cam. Ac. Ombro | F1 | 1,23 | 1,31 |
| | F2 | 0,66 | 0,80 |
| | Total | 1,89 | 2,11 |
| Cam. Ac. Mão | F1 | 1,57 | 1,38 |
| | F2 | 0,63 | 0,35 |
| | Total | 2,21 | 1,73 |

O caminho de aceleração de pontos-chave deve ser o maior possível. (J. Campos, s.d.)

Em conjunto com os gráficos do pico de velocidade dos pontos-chave em apêndice A percebe-se que a velocidade máxima que a mão atinge é semelhante no primeiro e terceiro lançamentos, porém os restantes pontos-chave têm comportamentos diferentes.

O caminho de aceleração da mão foi superior no lançamento 1 do que no lançamento 3, o que indica que o atleta pode ter antecipado o movimento da mão numa fase anterior no lançamento 3, o que levou a uma distância percorridas menor. No lançamento 3 o pico de velocidade encontra-se perto do momento de saída, levando à conclusão de que se transferiu com qualidade a energia cinética da mão para o dardo, o mesmo não se verifica no primeiro lançamento, em que o pico de velocidade ocorre antes.

Supõe-se que a qualidade de transferência de energia do terceiro lançamento tivesse sido maior, pois o pico de velocidade do joelho e da anca são semelhantes nos dois lançamentos, mas a velocidade do ombro é superior no terceiro.

5.1.1.2 Análise qualitativa

Neste tipo de análise caracterizam-se os tempos de execução das fases do lançamento e as posições e trajetórias do corpo e dardo durante o mesmo.

5.1.1.2.1 Atleta A

Tempo médio de fases

Neste primeiro esquema é apresentado o tempo de execução na fase preparatória e na fase final do lançamento, com base em *Campos et al.*

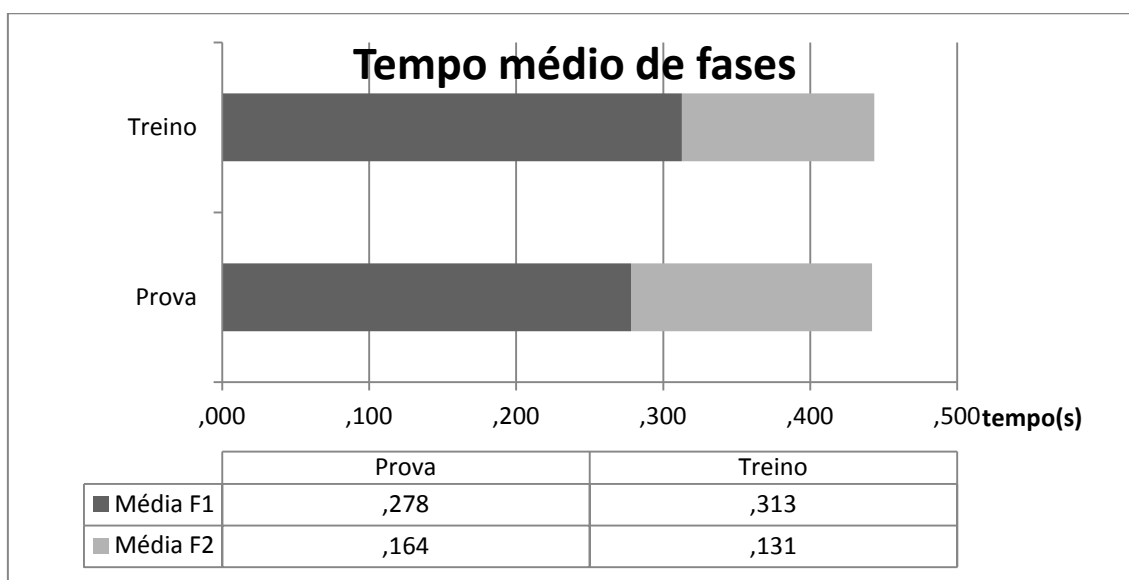


Gráfico 1 Tempo médio de fases em treino e competição atleta A

Na literatura não foi encontrada nenhum estudo que sirva de base ao tempo de execução das fases de lançamentos em atletas femininas. Contudo é possível notar que o tempo da fase preparatória, F1, em competição é menor, sendo a velocidade da corrida semelhante, como se pode verificar nos gráficos da velocidade do c.g. no apêndice B. Este facto deve-se a um menor tempo de chegada do pé esquerdo ao solo, o que pode indicar um menor afastamento de apoios em competição. Na fase final de lançamento, F2, o tempo de execução médio em treino é superior, o que se poderá dever a uma pequena maior aceleração dos pontos anca e joelho em treino que em competição, visível nos gráficos de velocidade de articulações no apêndice A.

Posições e trajetórias

Avaliar a posição em cada fase e a trajetória do dardo permite perceber o estilo técnico e os erros que se estão a cometer.

É avaliado o melhor lançamento no conjunto treino-competição. O lançamento analisado é o quinto em competição.

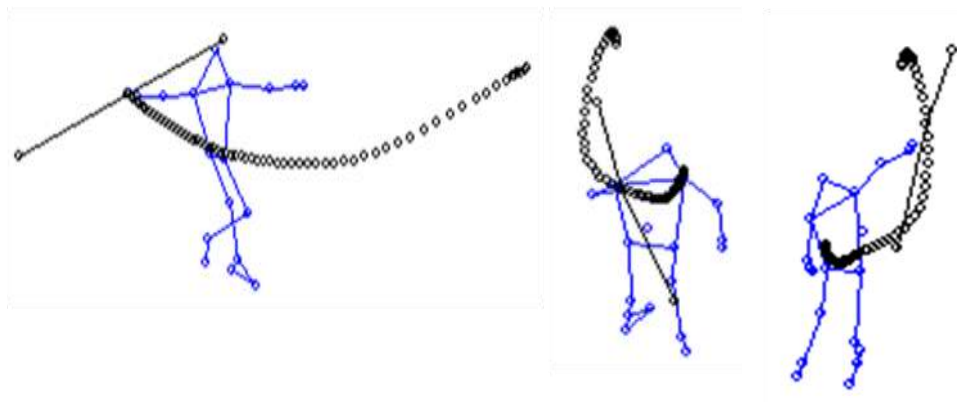


Figura 36 Modelo biomecânico nas três posições de fase; trajetória do dardo na fase final de lançamento atleta A

A atleta A tem uma posição no momento f1 semelhante a *Backley* na análise de *Morris et al.* O pé esquerdo ainda se encontra um pouco atrasado em relação ao direito. Nota-se a frontalidade da anca, porém os ombros parecem manter uma posição lateralizada o que permite criar tensão nos músculos do tronco para proporcionar a transferência de energia cinética entre os membros inferiores e superiores.

No momento f2 a atleta tem o cotovelo um pouco abaixo da linha dos ombros e deveria estar acima. Esta factor vai influenciar a posição no momento f3, em que a largada do dardo ocorre descaída para o lado direito da atleta, fazendo com que as direções dos vetores não estejam alinhadas.

No momento de saída do dardo nota-se o ângulo de saída lateral um bocado elevado, percebendo que a ponta do dardo se encontra fora da linha de trajetória. Isto indica que o vetor velocidade de saída está discrepante em relação à posição do dardo. A trajetória é feita com base no sentido e direção do vetor velocidade de saída.

Outro aspeto a melhorar é a trajetória do dardo durante as fases que deverá ter mais altura, estando a passar muito baixo.

5.1.1.2.2 Atleta B

Tempo médio de fases

Neste primeiro esquema é apresentado o tempo de execução na fase preparatória e na fase final do lançamento, com base em *Campos et al.*

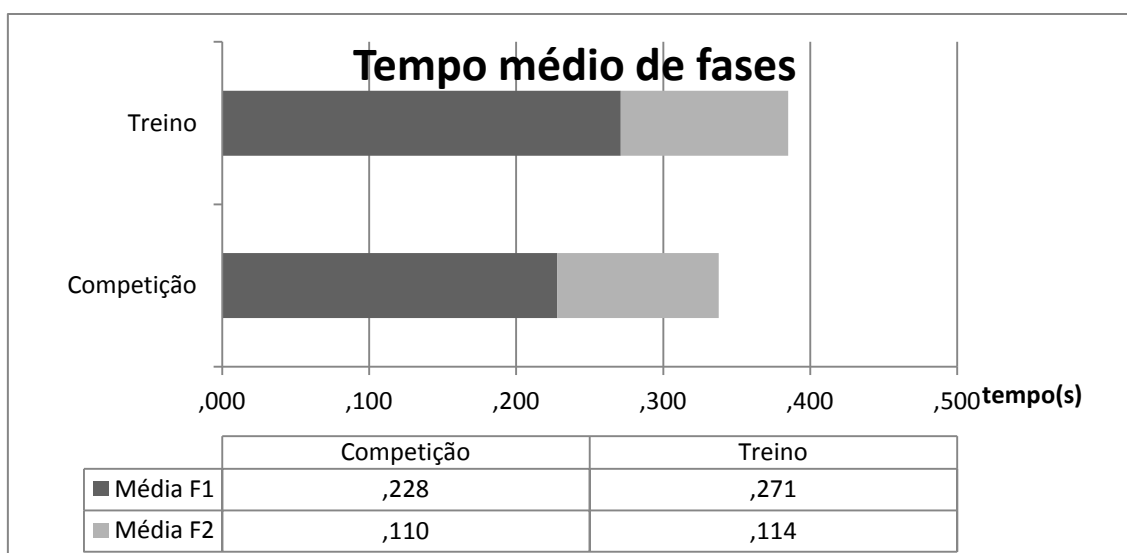


Gráfico 2 Tempo médio de fases em treino e competição atleta B

O atleta mostra tempos médios de execução em competição menores que em treino na fase F1. Isto pode-se explicar pela maior velocidade dada durante a corrida.

Os valores apresentados em F2 estão semelhantes aos vistos em atletas de elite por *Campos et al.*, sendo este um aspeto muito positivo nos lançamentos deste atleta.

O aspeto a ser melhorado é o do tempo de execução da fase F1 que se encontra elevado mas não muito distante dos atletas de elite.

Posições e trajetórias

O tempo das fases deve ser analisado em conjunto com a posição e trajetória tomadas pelo atleta, pois não interessa ter movimentos rápidos se a posição tomada não é a ideal e muita energia se perde.

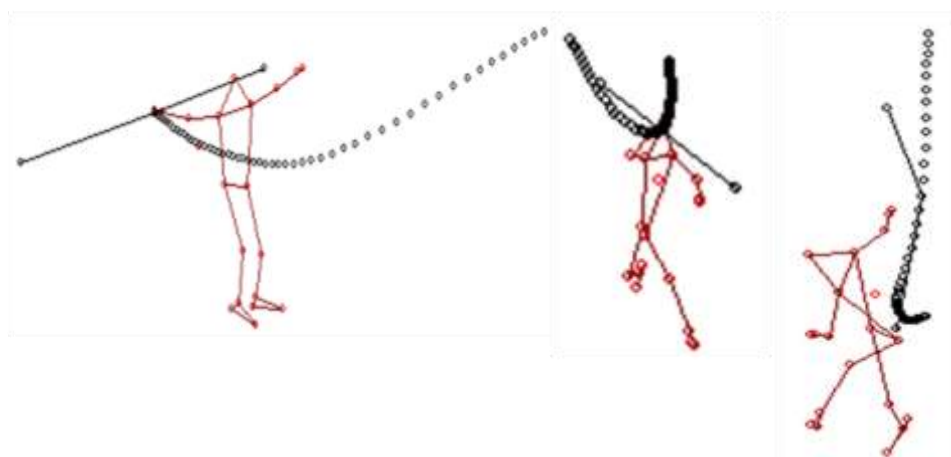


Figura 37 Modelo biomecânico nas três posições de fase; trajetória do dardo na fase final de lançamento atleta B

No momento f1 o atleta toma uma posição muito semelhante a *Zelezný* e no momento f2 algo semelhante a *Hecht* em *Morriss et al.*

Todas as posições parecem corretas, destaque para a imagem do momento f3, em que parece ter havido um erro de digitalização do ponto da anca esquerda e a posição da ponta do dardo que aparece fora da linha do restante dardo, talvez devido a um erro de perspectiva, já que neste momento deste lançamento a ponta do dardo já tinha saído do alcance de duas câmaras do mesmo lado, provocando assim distorção. Este facto não interferiu no valor dos ângulos de saída.

Pela parte da cauda do dardo dá para perceber que o ângulo de ataque lateral no momento da saída vai ser pequeno, e comprova-se na tabela 17.

5.1.1.2.3 Atleta C

Tempo de execução

Neste primeiro esquema é apresentado o tempo de execução na fase preparatória e na fase final do lançamento, com base em *Campos et al.*

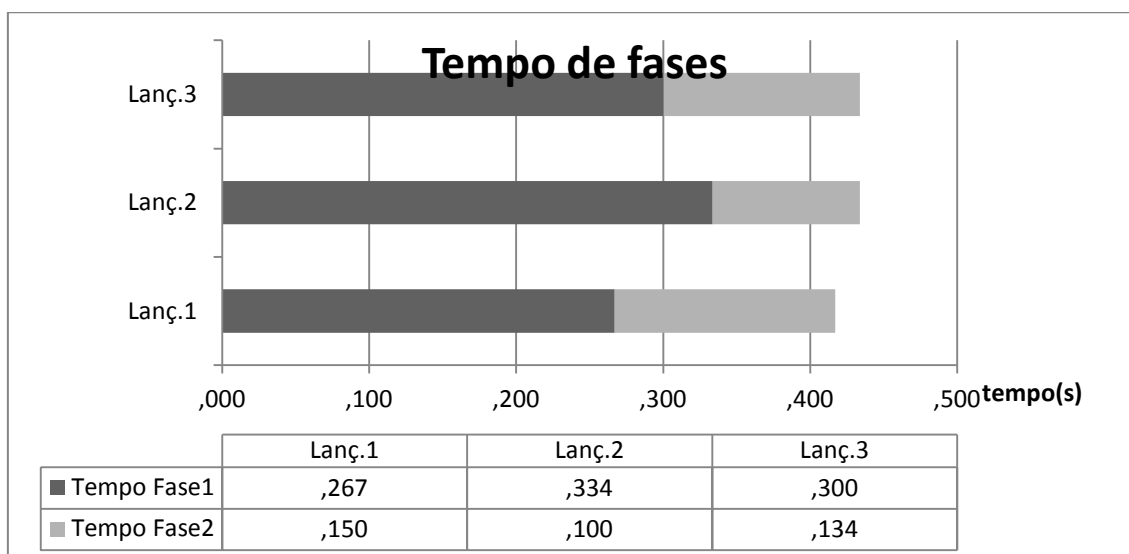


Gráfico 3 Tempo médio de fases em treino e competição atleta C

De acordo com os tempos de execução demonstrados em *Campos et al* este atleta tem uma segunda fase rápida mas uma primeira fase um pouco lenta. Isto pode-se explicar pela pouca velocidade de corrida trazida pelo atleta, como se pode ver no apêndice B.

O lançamento dois teve uma segunda fase rápida mas o lançamento foi pior que os outros dois, talvez devido a um descontrolo da posição do dardo.

Os três atletas analisados aumentam a velocidade do seu centro de gravidade, como se pode verificar no apêndice B, o que é explicado pela ação rápida da parte final do lançamento.

Posições e trajetórias

Avaliar a posição em cada fase e a trajetória do dardo permite perceber o estilo técnico e os erros que se estão a cometer.

É avaliado o melhor lançamento no conjunto treino-competição. O lançamento analisado é o quinto em competição.

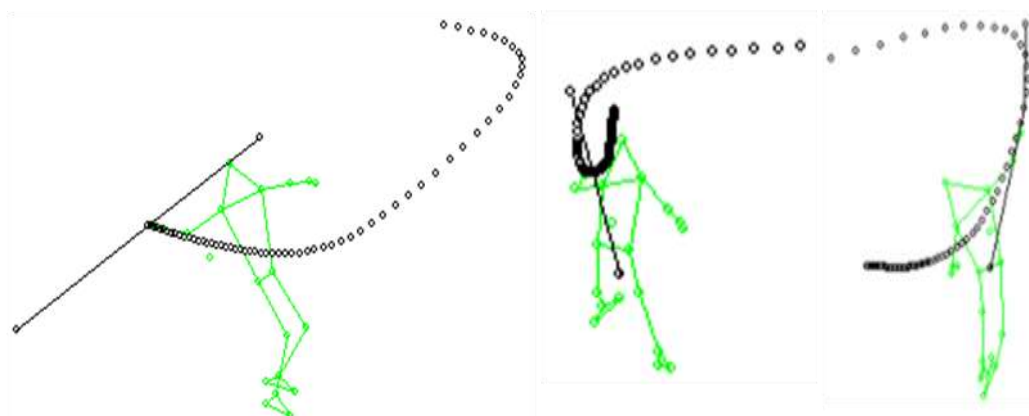


Figura 39 Modelo biomecânico nas três posições de fase; trajetória do dardo na fase final de lançamento atleta C

O atleta C mostra uma trajetória do dardo muito própria. Pode-se ver que o cotovelo está abaixo da linha dos ombros, o que leva a uma passagem errada do cotovelo e provoca em parte a trajetória do dardo.

A posição no momento f1 é semelhante a *Backley* em *Morriss et al*, com a perna esquerda um pouco atrasada em relação à perna direita.

No momento f3 dá para perceber que o ângulo de ataque lateral é muito elevado, como o verificado na tabela 22. Isto ocorre porque o atleta não consegue transformar a velocidade angular em velocidade linear, em parte por o cotovelo desenhar um movimento muito curvilíneo.

Note-se que o vetor velocidade tem uma direção totalmente diferente da direção para onde o dardo aponta, provocando assim pouca aerodinâmica no voo do dardo. O atleta deve procurar ter um movimento mais retilíneo do cotovelo e proporcionar uma boa saída ao dardo.

5.1.2 Análise morfológica

Esta análise remete-se à caracterização corporal dos atletas. Com esta breve análise pretende-se mostrar a composição muscular dos atletas.

Para a sua concretização fizeram-se as medições e cálculos apropriados. Foram feitas duas análises, uma à distribuição da massa e outra ao somatótipo dos atletas.

As medições realizadas foram:

- Estatura (m)

- Massa corporal (Kg)
- Pregas cutâneas:
 - Tríceps;
 - Subescapular;
 - Supre espinhal;
 - Coxa;
 - Pantorrilha média.
- Perímetros:
 - Braço fletido;
 - Pantorrilha média;
- Diâmetros:
 - Úmero;
 - Fémur.

5.1.2.1 Distribuição de massa corporal

5.1.2.1.1 *Atleta A*

Sendo a atleta A do sexo feminino os seus valores foram calculados de acordo com as equações 5 e 9.

Na tabela são apresentadas as massas da composição corporal da atleta.

Tabela 28 Composição corporal atleta A

| Parâmetro | Valor (kg) | Percentagem (%) |
|-----------|------------|-----------------|
| IMC | - | 25,33 (AD) |
| GC | 10,13 | 15,14 |
| MLG | 56,77 | 84,86 |
| MR | 13,98 | 20,90 |
| MO | 9,86 | 14,74 |
| MM | 32,93 | 49,22 |

A massa da atleta é majoritariamente composta por massa muscular. A massa de gordura corporal ocupa 15,14 % da massa total.

Em *Houtkooper et al (2001)*, caracterizam atletas femininas de heptatlo de elite, que como visionado em *Delgado (2004)* têm um somatótipo semelhante a atletas de dardo.

Assim é possível fazer uma breve comparação. A atleta A mostra valores de massa gorda dentro do intervalo das atletas analisadas.

5.1.2.1.2 Atleta B

O atleta B é do sexo masculino e os seus dados foram tratados de acordo com as equações 4 e 8.

Tabela 29 Composição corporal atleta B

| Parâmetro | Valor (kg) | Percentagem (%) |
|-----------|------------|-----------------|
| IMC | - | 25,87 (AD) |
| GC | 5,10 | 7,18 |
| MLG | 65,90 | 92,82 |
| MR | 17,11 | 24,10 |
| MO | 11,04 | 15,55 |
| MM | 37,75 | 53,17 |

O atleta B apresenta baixa percentagem de gordura corporal, apenas 7,18%. A massa muscular representa mais de 50 % da massa corporal do atleta

5.1.2.1.3 Atleta C

O atleta C é do sexo masculino e os seus dados foram tratados de acordo com as equações 4 e 8.

Tabela 30 Composição corporal atleta C

| Parâmetro | Valor (kg) | Percentagem (%) |
|-----------|------------|-----------------|
| IMC | - | 21,66 |
| GC | 3,71 | 6,07 |
| MLG | 57,29 | 93,93 |
| MR | 14,70 | 24,10 |
| MO | 10,43 | 17,10 |
| MM | 32,16 | 52,73 |

O atleta C mostra de percentagem de gordura corporal baixos, ainda mais baixos que o atleta B. a massa muscular ocupa 52,73% da massa corporal.

5.1.2.2 Somatótipo

Em *Delgado (2004)* apresentam-se valores para lançadores campeões olímpicos de dardo masculinos e femininos, esses valores de endomorfia, mesomorfia e ectomorfia são, respetivamente 2,0, 5,6 e 2,3.

Os valores de somatótipo são mostrados a seguir em carta e tabela. No apêndice D podem se ver as cartas somatotópicas com melhor pormenor.

Tabela 31 Somatótipo dos atletas

| Endo | Meso | Ecto | Reg. Som. | Rel. Alt-p. | Atleta | Carta |
|------|------|------|-----------------------|-------------|----------------------------------|---|
| 2,0 | 5,6 | 2,3 | Mesomorfo | - | Atletas olímpicos Delgado (2004) | - |
| 4,7 | 4,6 | 0,9 | Endomorfo mesomorfo | 40,03 | Atleta A |  |
| 3,1 | 6,5 | 0,9 | Mesomorfo endomórfico | 39,99 | Atleta B |  |
| 1,7 | 3,7 | 2,3 | Mesomorfo ectomórfico | 42,17 | Atleta C |  |

A atleta A apresenta um somatótipo maioritariamente endomorfo e mesomorfo, em relação a atletas campeões olímpicos a atleta apresenta valor de endomorfia muito superior.

O atleta B apresenta valores maioritariamente mesomorfo. O valor de mesomorfia é superior ao apresentado por atletas campeões olímpicos em *Delgado (2004)* em 0,9 pontos, mas o valor de ectomorfia é muito inferior.

O atleta C é o que tem valores de somatótipo mais próximo dos atletas campeões olímpicos em *Delgado (2004)*. O valor que mais se diferencia é o da mesomorfia, em 1,9 pontos, enquanto a ectomorfia é exatamente igual.

Em termos de medições, foi feita uma comparação dos atletas juniores masculinos de elite com o atleta B e C. (Milah Coh, 2001)

O atleta B tem menos altura (20 cm de diferença à média) e menos massa (19 kg de diferença à média) que todos os atletas apresentados, mas o seu IMC encontra-se dentro do intervalo apresentado, o perímetro da pantorrilha também se encontra. O parâmetro apresentado que mais difere é o diâmetro umeral, em cerca de um centímetro.

O atleta C tem diferenças muito superiores, na medição da pantorrilha, cerca de 9 cm e 2cm em relação ao diâmetro do joelho. Difere 16 cm em relação à média de altura dos atletas de elite e 29 kg em relação à massa.

5.1.3 Condição física

A avaliação da condição física é um parâmetro que serve para os treinadores se aperceberem da evolução dos atletas ao longo da época e para identificar o seu estado de forma e resposta ao treino efetuado.

Durante a época de 2011/2012 foram feitos testes de avaliação do estado atlético dos atletas, esses testes incluem saltos, velocidade e força. Os testes foram realizados ao longo da época em nove ocasiões.

Na tabela em apêndice C encontram-se a evolução de cada atleta ao longo da época em cada teste realizado.

Os testes realizados são multidisciplinares, incluindo saltos, lançamentos, velocidade, força e flexibilidade. Os testes executados são:

- Pés juntos
- Um salto frontal com pés juntos
- Triplo com pés juntos

- Três saltos frontais a pés juntos, o terceiro apoio na caixa de areia
- Triplo hop direito e esquerdo
 - Três saltos frontais com um só apoio, o terceiro apoio na areia
- Triplo em step
 - Três saltos frontais, o primeiro é a pés juntos, os restantes saltos alterna-se os apoios.
- Decassaltos
 - Dez saltos em step, o primeiro salto em pés juntos, o décimo na areia
- Lançamento dorsal
 - O atleta faz o lançamento de costas para a zona de queda no setor de peso com os pés em cima do rebordo (antepara), um breve agachamento a lança o peso acima da cabeça com braços esticados;
 - Fazem-se testes com três pesos diferentes, um quilograma mais pesado, um com o peso “*standard*”, ou seja com massa de lançamento do peso para o seu escalão e outro um quilograma mais leve
- Lançamento frontal
 - O atleta faz o lançamento de frente para a zona de queda no setor de peso com os pés em cima do rebordo (antepara), um breve agachamento a lança à altura da cabeça, com braços esticados;
 - Fazem-se testes com três pesos diferentes, um quilograma mais pesado, um com o peso ‘*standard*’, ou seja com massa de lançamento do peso para o seu escalão e outro com um quilograma mais leve
- Lançamento bola fora
 - O atleta posiciona-se de frente para a zona de quando com os braços altos, o mais esticados para a sua zona posterior possível, fazendo o avanço da anca e lançar o peso em forma de onda

- Fazem-se testes com três pesos diferentes, um quilograma mais leve do *'standard'*, um com massa dois quilogramas mais leves, e outro três quilogramas mais leve

- Supino

- O atleta, deitado no banco com parte anterior para cima, levanta a barra de pesos com os dois braços

- Exercício com carga máxima, uma repetição apenas, o atleta vai subindo a carga da barra até não conseguir fazer o levantamento, ou o treinador decidir que já é suficiente

- Prensa

- Máquina de simulação de agachamento com as pernas, neste exercício o atleta faz uma só flexão – extensão, com cargas progressivas até chegar ao seu máximo ou o treinador decidir que é suficiente

- Flexibilidade de membros superiores

- Os atletas agarram numa vara métrica com uma das mãos posicionadas no zero e outra num valor da régua, passam os braços da parte anterior para a parte posterior e regressam à parte anterior, sem que as mãos saiam do mesmo valor e sem dobrar os braços

- Os atletas vão diminuindo o valor até não conseguirem passar da parte anterior para a parte posterior, ou o inverso

- Flexibilidade membros inferiores

- Os atletas encontram-se sentados com as pernas esticadas, afastadas entre si a uma distância curta e fixa

- Uma fita métrica é colocada com o zero na linha dos pés, o atleta tenta chagar com as mãos o mais longe possível num só movimento lento e progressivo

- Regista-se a distância a que o atleta chega

- Pode-se recorrer a um livro que o atleta empurra ficando assim no valor que o atleta alcança

- Velocidade curta

- São feitas três distâncias em linha reta, a partir da posição em três apoios

- As distâncias são 30, 40 e 60 metros

- O tempo é medido por um cronómetro manual pelo treinador, ou por células de sensores

Em todos os exercícios, exceto os da força, os atletas têm 4 tentativas para produzir o seu melhor, em que só o melhor é registado. Os testes são distribuídos uniformemente pelo microciclo.

O treinador orientou os treinos de modo a que o pico de forma ocorresse no campeonato nacional de juvenis. A última sessão de testes para a atleta A foi na semana 19, para o atleta B na 13 e para o atleta C na semana 1, devido a lesão não realizou mais testes.

Todos os atletas mostram evolução desde o início da época até ao final, verificou-se que a velocidade é o aspeto mais difícil de evoluir.

Capítulo 6

6.1 Lançamento ideal

Com este capítulo pretende-se realizar uma simulação da distância obtida com os parâmetros de saída analisados mais favoráveis entre todos os lançamentos em treino e competição, de forma a apurar o lançamento ideal que o atleta conseguiria fazer. Também se calcula a distância obtida com os valores de saída do melhor lançamento em competição, para ver como os parâmetros aerodinâmicos influenciam o dardo. Uma vez que estes parâmetros não se incluem nas equações que permitem esta simulação, pode-se chegar à diferença de distâncias e determinar quanto o estado meteorológico influenciou o lançamento. A influência dos fatores aerodinâmicos na distância percorrida pelo dardo pode ser consultada nos artigos de *Bartlett, Hubbard e Hatton (2007)*. Em *Hatton (2007)* é apresentado o programa de simulação de voo do dardo, o *Javelin Flight Analyzer*, bastante assertivo, porém apenas limitado para os atletas que serviram de base ao seu desenvolvimento ou para distâncias semelhantes, não se conseguindo adaptar aos atletas deste trabalho. (Bartlett, s.d.), (Hatton, 2007), (Hubbard, s.d.)

A simulação foi realizada no programa computacional Matlab, e a animação do voo do dardo obtida através da extensão Simulink, pertencendo ao mesmo programa. A simulação de voo é a continuação de um pequeno projeto iniciado na unidade curricular de Dinâmica da licenciatura em biomecânica. As equações deste projeto só incluíram parâmetros em coordenadas bidimensionais, porém foi adicionado uma equação que permitiu o cálculo da distância, incluindo o terceiro eixo, assim foi possível obter uma distância calculada um pouco mais próxima da realidade.

As equações usadas para determinar a distância, no seguimento do trabalho realizado na unidade curricular de Dinâmica e no artigo de *Hatton 2007*, adaptadas no presente trabalho:

$$s_y = v_{0y} * (t_1 + t_2) \text{ (Hatton, 2007) (11)}$$

Onde:

S_y – Distância máxima obtida pelo dardo;

V_{0y} – Velocidade no eixo yy no momento de saída;

t_1 – tempo de voo do dardo desde o momento de saída até altura máxima;

t_2 – tempo de voo do dardo desde a altura máxima até ao contato com o solo.

$$s_z = \frac{v_{0z}^2}{2g} \text{ (Hatton, 2007) (12)}$$

Onde:

S_z – Altura máxima atingida pelo dardo durante o voo;

V_{0z} – velocidade do dardo no momento de saída do dardo em relação ao eixo do zz;

g – constante de aceleração gravítica;

$$t_1 = \left(\frac{v_{0z}}{g} \right) \text{ (Correia, 2011) (13)}$$

Onde:

t_1 – tempo de voo do dardo desde o momento de saída até altura máxima;

v_{0z} – velocidade do dardo no momento de saída do dardo em relação ao eixo do zz;

g – constante de aceleração gravítica;

$$t_2 = \sqrt{\frac{(h_m + S_z) * 2}{g}} \text{ (Hatton, 2007) (14)}$$

Onde:

t_2 – tempo de voo do dardo desde a altura máxima até ao contato com o solo.

h_m – Altura de saída do dardo;

S_z – Altura máxima atingida pelo dardo durante o voo;

g – constante de aceleração gravítica;

$$s_x = v_{0x} * (t_1 + t_2) \text{ (15)}$$

Onde:

S_x – Distância lateral percorrida pelo dardo;

v_{0x} – Velocidade lateral do dardo no momento de saída;

t_1 – tempo de voo do dardo desde o momento de saída até altura máxima;

t_2 – tempo de voo do dardo desde a altura máxima até ao contato com o solo.

Nota para a equação de cálculo da distância percorrida pelo engenho em relação ao eixo transversal (eixo xx) ao lançamento, o valor de velocidade segundo esse eixo transversal é calculado com o ângulo de saída lateral do dardo, enquanto as velocidades v_{0y} e v_{0z} são obtidas através do ângulo de saída formado pela posição do engenho e com o eixo longitudinal ao setor de lançamento (eixo yy).

As tabelas mostram a recolha dos melhores parâmetros de saída dos vários lançamentos em treino e competição para proceder à simulação teórica do lançamento ideal para os atletas, servindo para verificar se a distância obtida será ou não superior. Para o lançamento ideal foram escolhidos vários os parâmetros de saída que, segundo autores consultados na literatura são os que maiores distâncias proporcionam.

Com esta simulação pode-se perceber quanto a atleta pode melhorar se fizer um lançamento perto das suas condições ideais.

Na tabela 31, 34 e 38 são mostrados os valores obtidos após o cálculo, com as variáveis de saída adequadas, das distâncias teóricas em termos de média e da diferença existente entre os valores teóricos e os reais.

Nas tabelas 32, 33, 35, 36 e 37 são apresentados os parâmetros escolhidos entre todos os lançamentos em treino e competição, separadamente. Os parâmetros escolhidos foram selecionados com o fim de obter os que mais se aproximam de valores aconselhados na literatura consultada.

Atleta A

Tabela 32 Cálculo do valor teórico médio e estabelecimento da diferença. Atleta A

| | Treino | | | Competição | | |
|--------------|-------------|----------------|------------------|-------------|----------------|------------------|
| | Real (m) | Teórico (m) | Diferença (m) | Real (m) | Teórico (m) | Diferença (m) |
| Média | 34,91 | 23,76 | 11,15 | 39,70 | 21,77 | 17,93 |

A diferença da distância teórica e real mostra a influencia que os fatores aerodinâmicos têm nestes cálculos, não devendo ser desprezadas. A diferença entre valor teórico e real é de 11,15 metros em treino e 17,93 metros em competição.

Tabela 33 Melhores parâmetros de saída atleta A – competição

| Parâmetro | Valor competição | Laç. |
|------------|------------------|------|
| Dist. | 43,34 (m) | 6 |
| Âng. S. | 36,27 (°) | 4 |
| Âng. At. | 41,20(°) | 5 |
| Âng. S. L. | 1,12 (°) | 2 |
| Âng. At. L | 11,59 (°) | 5 |
| Alt. S. | 1,55 (m) | 4 |
| Vel. S. | 14,49 (m/s) | 2 |

Tabela 34 Melhores parâmetros de saída atleta A – treino

| Parâmetro | Valor em treino | Laç. |
|------------|-----------------|------|
| Dist. | 38,61(m) | 2 |
| Âng. S. | 38,00 (°) | 6 |
| Âng. At. | 40,64 (°) | 2 |
| Âng. S. L. | 0,24 (°) | 6 |
| Âng. At. L | 1,44(°) | 1 |
| Alt. S. | 1,58 (m) | 1 |
| Vel. S. | 15,51 (m/s) | 1 |

Atleta B

Tabela 35 Cálculo do valor teórico médio e estabelecimento da diferença. Atleta B

| | Treino | | | Competição | | |
|--------------|----------------|----------------|------------------|----------------|----------------|------------------|
| | Prático (m) | Teórico (m) | Diferença (m) | Prático (m) | Teórico (m) | Diferença (m) |
| Média | 43,80 | 18,77 | 25,03 | 51,30 | 36,77 | 14,53 |

A distância média lançada pelo atleta B difere em 7,50 metros, em treino a diferença do valor teórico e real é de 25,03 metros e em competição de 14,53 metros. O valor teórico em treino é de apenas 18,77 devido à pouca velocidade de saída do dardo, um fator determinante nestas equações da teoria.

Tabela 36 Melhores parâmetros de saída atleta B – competição

| Parâmetro | Valor competição | Lanç. |
|-------------|------------------|-------|
| Dist. | 52,80 (m) | 1 |
| Âng. S. | 37,02 (°) | 5 |
| Âng. Ati. | 40,81 (°) | 4 |
| Âng. S. L. | 0,37 (°) | 2 |
| Âng. Ati. L | 0,08 (°) | 5 |
| Alt. S. | 1,52 (m) | 4 |
| Vel. S. | 18,12 (m/s) | 3 |

Tabela 37 Melhores parâmetros de saída atleta B – treino

| Parâmetro | Valor em treino | Lanç. |
|-------------|-----------------|-------|
| Dist. | 45,13 (m) | 6 |
| Âng. S. | 36,79 (°) | 5 |
| Âng. Ati. | 37,83 (°) | 3 |
| Âng. S. L. | 1,65 (°) | 3 |
| Âng. Ati. L | 7,34 (°) | 5 |
| Alt. S. | 1,63 (m) | 4 |
| Vel. S. | 13,57 (m/s) | 1 |

Atleta C

Tabela 38 Cálculo do valor teórico médio e estabelecimento da diferença. Atleta C

| | Competição | | |
|--------------|----------------|----------------|------------------|
| | Prático (m) | Teórico (m) | Diferença (m) |
| Média | 38,29 | 30,04 | 8,25 |

A diferença entre o resultado real e o teórico é de 8,25 metros, sendo o atleta em que a teoria mais se aproxima, talvez pelo menor número de lançamentos analisados e devido ao facto de o desvio entre distâncias reais ser pouca, já que só foram analisados 3 lançamentos.

Tabela 39 Melhores parâmetros de saída atleta C – competição

| Parâmetro | Valor competição | Laç. |
|------------|------------------|------|
| Dist. | 39,34 (m) | 1 |
| Âng. S. | 33,54 (°) | 3 |
| Âng. At. | 38,14 (°) | 1 |
| Âng. S. L. | 13,26 (°) | 3 |
| Âng. At. L | 21,86 (°) | 1 |
| Alt. S. | 1,56 (m) | 1 |
| Vel. S. | 16,44 (m/s) | 3 |

Tabela 40 Comparação das distâncias teóricas e acertadas com a real

| | Distância teórica ideal | | Distância teórica ideal acertada | | Distância real | |
|-----------------|-------------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------|----------------|-------------------|
| | Treino (m) | Competição (m) | Treino (m) | Competição (m) | Treino (m) | Competição (m) |
| Atleta A | 26,86 | 30,07 | 38,01 | 48 | 38,61 | 43,34 |
| Atleta B | 24,24 | 38,88 | 49,27 | 53,41 | 45,13 | 52,80 |
| Atleta C | – | 34,16 | – | 42,41 | – | 39,34 |

Com a tabela 39 é possível comparar as distâncias reais, teóricas ideais e teóricas ideais acertadas, em que as distâncias reais são as medidas nos lançamentos dos atletas, as teóricas os resultados obtidos através das equações de 11 a 15 e as distâncias reais acertadas são a soma das diferenças encontradas nas tabelas 31, 34 e 37 com os respectivos valores teóricos. Com esta soma faz-se uma simulação muito primitiva da distância que cada atleta poderia alcançar se condensasse num só lançamento os parâmetros das tabelas 32, 33, 35, 36 e 38, respectivamente a cada atleta.

Como não são incluídos o ângulo de ataque longitudinal, transversal (ou lateral como referido anteriormente), nem os fatores aerodinâmicos, os lançamentos com valores do ângulo de saída longitudinal e transversal (ou lateral como designado anteriormente) perto de 45° e velocidades e alturas de saída superiores, obterão uma distância teórica mais elevada. Em alguns lançamentos foi possível notar os ângulos de ataque com valores, que se considerados nos cálculos iriam afetar em muito a distância, pois com ângulos de ataque mais elevados a área de contato com as condições atmosféricas, como o vento, é maior, levando a uma perda

de energia cinética através do escorregamento do engenho no ar, havendo maior atrito.

(Hubbard, s.d.)

Capítulo 7

7.1 Conclusão

Desde há alguns anos que se têm realizado estudos biomecânicos no lançamento do dardo. Tem-se vindo a notar um aumento de atletas em alto rendimento, talvez por um conhecimento científico mais aprofundado da modalidade.

O presente estudo pretendia mostrar a morfologia, condição física, comparando com atletas de alto rendimento e estudar a forma de execução técnica dos atletas, indicando, em conjunto com os treinadores, correções com base nas suas características físicas e resultados obtidos.

A velocidade de saída da atleta A em treino é superior, mas como os ângulos de ataque e ataque lateral são um pouco elevados, a distância obtida em competição demonstra-se maior, em parte devido a fatores aerodinâmicos. Outro fator pode ser o de a atleta conseguir ter um maior controlo do posicionamento do dardo a velocidades de execução mais baixas.

Os ângulos de saída do atleta B podem ser considerados bons, pois são constantes ao longo dos lançamentos e semelhantes a atletas de alto nível, diferindo pouco. Também os seus ângulos posturais parecem ser os adequados, mas o ângulo de flexão do cotovelo direito está abaixo do observado por atletas de alto rendimento.

O atleta C tem valores de velocidade de saída semelhante ao atleta B, mas o seu inconveniente são os ângulos de saída do dardo inconstantes e erráticos. Este erro pode ser corrigido por exercícios a baixa velocidade de posicionamento do dardo, aumentando gradualmente a sua velocidade de execução à medida que o atleta se vai adaptando.

Em competição os dardos comportaram-se mais favoravelmente na aerodinâmica nos atletas A e B em competição, sendo as condições atmosféricas semelhantes para a atleta A, mas menos favoráveis para o atleta B.

O comportamento postural dos atletas durante o lançamento em treino não é diferente em competição. Notou-se que a atleta A tem valores angulares da perna esquerda um pouco baixos demais, provocando algum desperdício de energia na transferência de velocidade para o dardo. A atleta necessita ter um ângulo perto dos 170°. Em concordância com o treinador da

atleta, é de alguma prioridade subir o ângulo que o braço direito da atleta faz com o seu tronco e aumentar a extensão do mesmo braço, isto serve para melhorar a sua performance e diminuir o risco de lesão.

Os testes físicos da atleta A demonstram que é explosiva, forte e flexível, pelo que parece ter condições para continuar a sua postura de inclinação do tronco na entrada da fase final de lançamento, porém terá de fazer uma maior a rotação da linha dos ombros para a esquerda, à semelhança do atleta B, para poder aplicar a velocidade ao dardo de forma linear e não curvilínea, como se analisou. O atleta C também poderá aumentar um pouco a rotação da linha dos ombros para a esquerda, podendo manter a sua postura na entrada da fase final de lançamento.

Em relação ao atleta B, a sua principal característica é a força. A técnica que o atleta usa parece adequada às suas características físicas, realizando o lançamento de forma tecnicamente correta e com considerável velocidade de execução, porém os seus níveis de flexibilidade são baixos. Ao melhorar a sua flexibilidade diminui o risco de lesão e pode aumentar a sua performance, utilizando a sua força e rapidez para ativar os músculos do tronco elasticamente e com melhor rendimento.

O atleta C é rápido e flexível. Estes fatores físicos podem permitir ao atleta boas distâncias, mas para tal é necessário que o atleta faça a cadência de movimentos de forma correta, utilizando a elasticidade dos músculos do tronco e braço, reduzindo a energia despendida e aumentando ainda mais a sua velocidade. A melhor forma deste atleta executar a técnica de lançamento será manter o braço em extensão até ao momento em que os pontos-chave atinjam o seu pico de velocidade na sequência correta (joelho, anca, ombro e mão). O atleta tem de juntar a sua velocidade e elasticidade à execução técnica.

A relação das características físicas dos atletas com a execução técnica foi feita de forma empírica, devido aos anos de experiência do autor na área e com a aprovação e concordância do técnico dos atletas. Trata-se apenas de uma aproximação, sendo passível de correções futuras.

Os atletas analisados são de baixa estatura, pelo que necessitam de ter ângulos de joelho esquerdo maiores, para aumentar a energia cinética transferida ao dardo obtendo velocidades de saída superiores e obter alturas de saída maior através da extensão desta perna.

Foi verificado que quando os atletas aumentam a velocidade de execução em relação à sua média a sua performance técnica diminui, sendo necessário encontrar um termo entre os dois parâmetros.

Os cálculos com os parâmetros ideais demonstraram que os atletas conseguiriam ter obtido maiores distâncias, caso tivessem lançado com valores perto dos considerados ideais. No entanto é importante ter a percepção que o método utilizado para esta simulação é muito primitiva e não tendo comprovação científica não pode ser interpretada de forma exata.

Com a conclusão deste estudo foi possível indicar a morfologia de cada atleta e condição física ao longo da época desportiva. Depois de analisar a forma de execução técnica dos atletas conseguiram-se mostrar correções a essa execução com base nas características físicas mostradas pelos atletas.

7.1.1 Trabalhos futuros

No seguimento do presente estudo, parece de grande conveniência a continuação periódica de análises deste tipo, para perceber e acompanhar a evolução do desempenho destes atletas.

Também poderia ser de grande importância incluir as restantes fases do lançamento nas análises, pois existem erros técnicos que os atletas fazem que se iniciam em fases anteriores às fases aqui analisadas.

Um estudo que pode ser adicionado a este é o do comportamento da trajetória do dardo ao longo do seu voo com base nos parâmetros de saída do dardo, estudando as forças existentes no momento de saída e a resposta mecânica do dardo a esses estímulos. Podem-se até encontrar as diferenças nos resultados do método utilizado no presente trabalho com métodos mais exatos, incluindo todos os fatores que interferem no voo do dardo.

Futuramente poder-se-á realizar um estudo para relacionar com mais precisão as características físicas dos atletas com a forma de execução técnica mais adequada.

Referências bibliográficas

Ariel Dynamics, I., s.d. *DIGITIZE Module*. [Online]

Díspõnível em:

[http://www.sportsci.com/adi2001/adi/services/support/manuals/apas/digi4/#_CONTROL_\(CALIBRATION\)_POINTS](http://www.sportsci.com/adi2001/adi/services/support/manuals/apas/digi4/#_CONTROL_(CALIBRATION)_POINTS)

[Acedido em 25 Junho 2012].

Bartlett, R., 1997. Movement (kinematic) considerations. In: *Introduction to sports biomechanics*. London: Spon press, pp. 47-76.

Bartlett, R. M., s.d. *The Aerodynamics of Javelin Flight-A Re-Evaluation*, s.l.: s.n.

Bartonietz, K., 2006. *Javelin Throw: Technique, Training, Injury Prevention*, s.l.: s.n.

Calvin Morriss, R. B. a. N. F., s.d. *Biomechanical analysis of the men,s javelin throw at the 1995 World Championships in athletics*, England: s.n.

Calvin Morriss, R. B. N. F., s.d. *BIOMECHANICAL ANALYSIS OF THE MEN’S JAVELIN THROW AT THE 1995 WORLD CHAMPIONSHIPS IN ATHLETICS*, s.l.: s.n.

Carter, J., 2002. *The Heath-Carter Anthropometric Somatotype*, San Diego,: s.n.

chinadaily, 2007. *chinadaily*. [Online]

Díspõnível em:

http://www.chinadaily.com.cn/olympics/2007-07/26/content_6002773.htm

[Acedido em 2012 Julho 18].

Correia, D., 2011. *Análise do movimento do atleta e do projétil no lançamento do dardo*, Leiria: s.n.

Daili Xu, R. N., s.d. *BIOMECHANICAL ANALYSIS OF ELITE FEMALE JAVELIN RELEASE CHARACTERISTICS*, s.l.: s.n.

Daniel Bardsley, B. L., s.d. *3D Reconstruction Using the Direct Linear Transform with a Gabor Wavelet Based Correspondence Measure*, s.l.: s.n.

DELGADO, L. D. A., 2004. *AValiação DA APTIDÃO FÍSICA: Projeto de elaboração de sistema de informações*, São Luis: s.n.

Diana Andrade, S. P., s.d. *Dinâmica de um Sistema de Partículas*, São Paulo: s.n.

Dunn, G., 2009. *history of the olympic javelin*. [Online]

Díspõnível em:

<http://www.helium.com/items/1525025-history-of-the-olympic-javelin>

[Acedido em 2012 Junho 2012].

Editora, P., 2003-2012. *Infopédia, Enciclopédia e Dicionários Porto Editora*. [Online]

Díspõnível em:

[http://www.infopedia.pt/\\$lançamento-do-dardo](http://www.infopedia.pt/$lançamento-do-dardo)

[Acedido em 20 Junho 2012].

Eric Geirnaert, G. H. F. P., s.d. *JAVELIN THROW HISTORY*. [Online]

Díspõnível em:

<http://www.javelinthrowmagazine.com/poster/content/JAVELIN+THROW+HISTORY/javelinthrowmagazine.do?lang=en>

[Acedido em 20 Junho 2012].

Fátima Oliveira, J. G., 2003. *Antropometria*, Rio de Janeiro: s.n.

Federação Portuguesa de Atletismo, 2008. *fpatletismo*. [Online]

Díspõnível em:

http://fpatletismo.sapo.pt/cache/cachebin/reg_competicoes_escaloos_Jovens-878.pdf

[Acedido em 20 Junho 2012].

Federação Portuguesa de Atletismo, 2011. *Estatística Melhores de Sempre*. [Online]

Díspõnível em:

http://fpatletismo.sapo.pt/conteudo.aspx?lang=pt&id_class=342&name=Ar-Livre

[Acedido em 2012 Junho 20].

Federação Portuguesa de Atletismo, 2012. *fpatletismo*. [Online]

Díspõnível em:

http://fpatletismo.sapo.pt/conteudo.aspx?lang=pt&id_class=804&name=Rankings-Jovens-

2012

[Acedido em 17 Julho 2012].

Federação Portuguesa de Atletismo, 2012. *Rankings Ar Livre*. [Online]

Díspõnível em:

http://fpatletismo.sapo.pt/conteudo.aspx?lang=pt&id_class=231&name=Ar-Livre

[Acedido em 20 Junho 2012].

Federations, I. A. o. A., 2011. *Scientific Research Project Biomechanical Analyses at the IAAF World Championships Daegu 2011*, s.l.: Korean Society of Sport Biomechanics.

Filipa Pereira, J. S., 2011. *Análise do Desempenho da Partida de Atletas em Provas de Velocidade*, Leiria: s.n.

Fleck, S. J., 1999. *Periodized Strength Training: A Critical Review*, Colorado: s.n.

Geinaert, E., s.d. *Javelin Throw Magazine*. [Online]

Díspõnível em:

<http://www.javelinthrowmagazine.com/poster/content/javelin+throw+sequence+kulcsar+gergely/javelinthrowmagazine.do?lang=en>

[Acedido em 18 Julho 2012].

Haff, G., 2004. *Roundtable Discussion: Periodization of Training—Part 2*, s.l.: s.n.

Hatton, L., 2007. *Optimising the javelin throw in the presence of prevailing winds*, Kingston: s.n.

Hubbard, M., s.d. *JAVELIN TRAJECTORY SIMULATION AND ITS USE IN COACHING*, California: s.n.

IAAF, 1996-2009. *aiif Home of World Athletics*. [Online]

Díspõnível em:

<http://www.iaaf.org/statistics/recbycat/location=O/recordtype=WR/event=0/age=Y/area=0/sex=M/records.html>

[Acedido em 20 Junho 2012].

IAAF, 1996-2009. *Javelin Throw All Time*. [Online]

Díspõnível em:

<http://www.iaaf.org/statistics/toplists/inout=0/age=n/season=0/sex=M/all=y/legal=A/disc=JT/>

[detail.html](#)

[Acedido em 20 Junho 2012].

IAAF, 1996-2009. *Javelin Throw All Time*. [Online]

Díspõnível em:

<http://www.iaaf.org/statistics/toplists/inout=o/age=n/season=0/sex=W/all=y/legal=A/disc=JT/detail.html>

[Acedido em 20 Junho 2012].

IAAF, 2009. *iaaf Home of World Athletics*. [Online]

Díspõnível em:

http://www.iaaf.org/mm/Document/AboutIAAF/publications/05/47/80/20091027085725_httppostedfile_CompRules-BAT_17164.pdf

[Acedido em 20 Junho 2012].

IAAF, 2011. *iaaf Home of World Athletics*. [Online]

Díspõnível em:

http://www.iaaf.org/mm/Document/06/28/26/62826_PDF_English.pdf

[Acedido em 20 Junho 2012].

IAAF, 2012. *iaaf Home of World Athletics*. [Online]

Díspõnível em:

http://www.iaaf.org/mm/Document/06/28/26/62826_PDF_English.pdf

[Acedido em 20 Junho 2012].

J. Campos, G. B. V. R., s.d. *Three-Dimensional Kinematic Analysis of Elite Javelin Throwers at the World Athletics Championship "Sevilha 99"*. s.l.:s.n.

Kubatko, J., s.d. *eric-lemming-1*. [Online]

Díspõnível em:

<http://www.sports-reference.com/olympics/athletes/le/eric-lemming-1.html>

[Acedido em 20 Junho 2012].

Lehmann, F., 2009. *Scientific Research Project Biomechanical Analysis at the Berlin 2009, 12th IAAF World Championships in Athletics*, Berlin: s.n.

Leite, M. J. C. I. C., 2004. *MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO*, Porto: s.n.

Mathias Wernbom, J. A. R. T., 2007. *The Influence of Frequency, Intensity, Volume and Mode of Strength Training on Whole Muscle Cross-Sectional Area in Humans*, s.l.: s.n.

Milah Coh, D. E. M. Z., 2001. *CORRELATION BETWEEN ANTHROPOMETRIC CHARACTERISTICS AND COMPETITIVE RESULTS OF ELITE JUNIOR JAVELIN THROWERS*, São Francisco: University of San Francisco.

MONNERET, J.-R., s.d. *Le lancer de Javelot : Rappel des bases techniques*, s.l.: s.n.

Nemeth, s.d. *nemethjavelins*. [Online]

Díspõnível em:

<http://www.nemethjavelins.hu/photos-reader/items/javelin-throw-sequences-10>

[Acedido em 18 Julho 2012].

nicolamira, 2012. *greatestsportingnation*. [Online]

Díspõnível em:

<http://www.greatestsportingnation.com/content/javelin-champions-and-records>

[Acedido em 18 Julho 2012].

Nordic, s.d. *Nordic Sport*. [Online]

Díspõnível em:

http://www.nordicsport.com/assets/images/c4_images/7916803c.png

[Acedido em 18 Junho 2012].

oindefectivel, 2012. *O Indefectível*. [Online]

Díspõnível em:

<http://oindefectivel.blogspot.pt/2012/03/tiago-aperta.html>

[Acedido em 18 Julho 2012].

Raquel Santos, C. F., 2003. *ANTROPOMETRIA*, s.l.: s.n.

Robert Rich, R. G. W. W. R. M., s.d. *KINEMATIC ANALYSIS OF ELITE JAVELIN THROWERS*, Los Angeles: s.n.

Rosenbaum, M., s.d. *trachandfield*. [Online]

Díspõnível em:

http://trackandfield.about.com/od/javelin/ss/illhistjavelin_2.htm

[Acedido em 18 Julho 2012].

Rosso, S. D., s.d. *Taller Práctico sobre Metodología y Planificación del Entrenamiento para Aptitud Aeróbica*, s.l.: s.n.

SAPO, s.d. *fotos, Olimpíadas2008*. [Online]

Díspõnível em:

<http://fotos.sapo.pt/olimpiadas2008/fotos/?uid=wFDcuAY1Ns5UfLrloef3>

[Acedido em 18 Julho 2012].

Stander, R., s.d. *bolandathletics*. [Online]

Díspõnível em:

<http://www.bolandathletics.com/5-13%20Javelin%20Throw.pdf>

[Acedido em 21 Junho 2012].

Terry McMorris, T. H., 2006. *Coaching Science*, s.l.: Wiley.

Tidow, G., s.d. *MODEL TECHNIQUE ANALYSIS SHEET FOR THE THROWS PART X: THE JAVELIN THROW*, s.l.: s.n.

trackandfield, 2008. *trackandfield*. [Online]

Díspõnível em:

<http://trackandfield.about.com/od/javelin/ig/-2008-Olympic-javelin-photos/Barbora-Spotakova-Stu-Forster.htm>

[Acedido em 18 Julho 2012].

Apêndice A

Pico de velocidade articular

Marcas assinaladas nos gráficos são os momentos f2 e f3.

Legenda:

Joelho

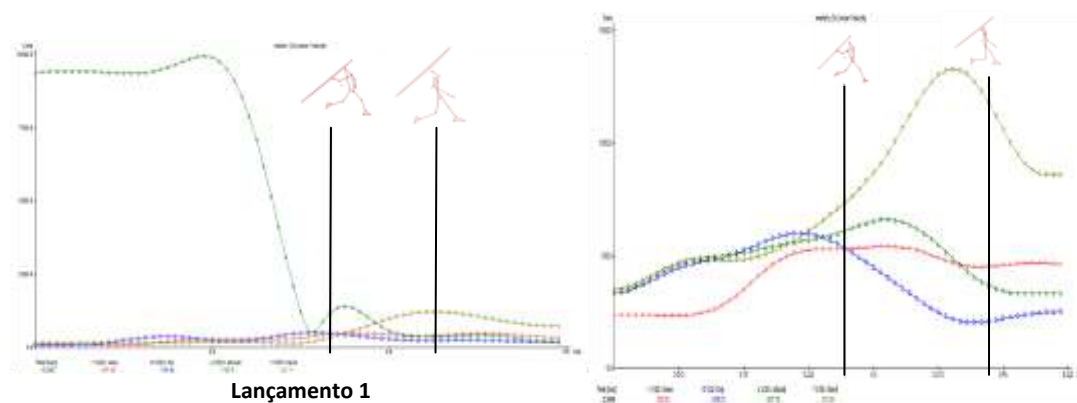
Anca

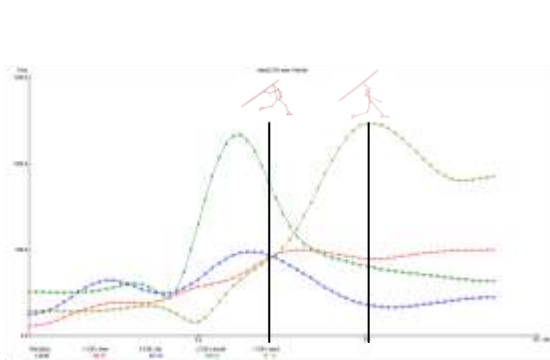
Ombro

Mão

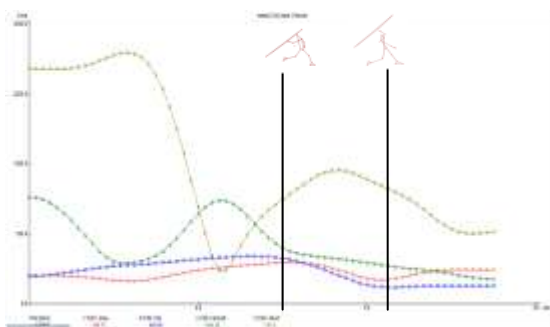
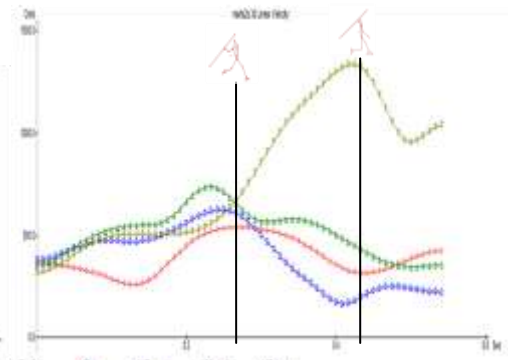
Atleta A

(Treino/Competição)

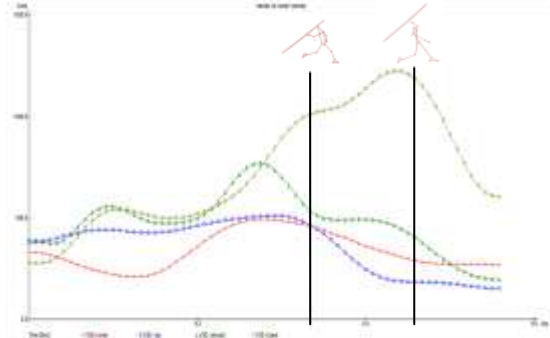
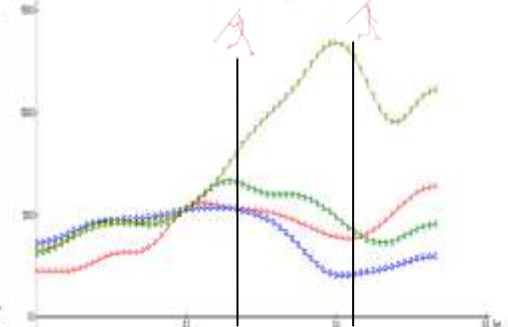




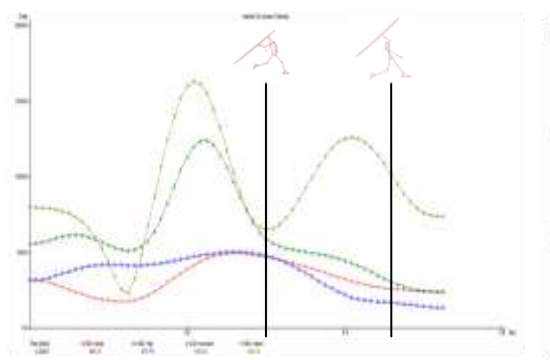
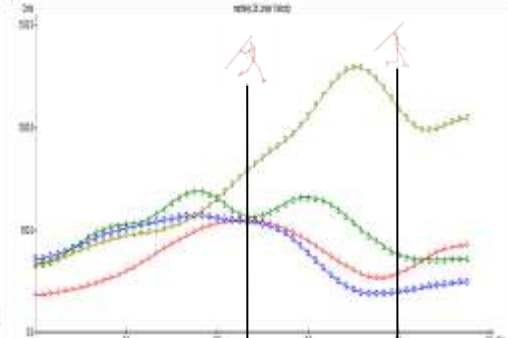
Lançamento 2



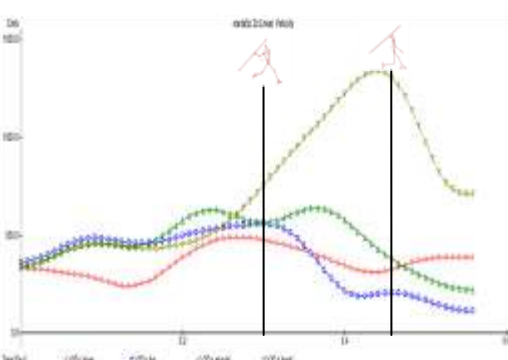
Lançamento 3

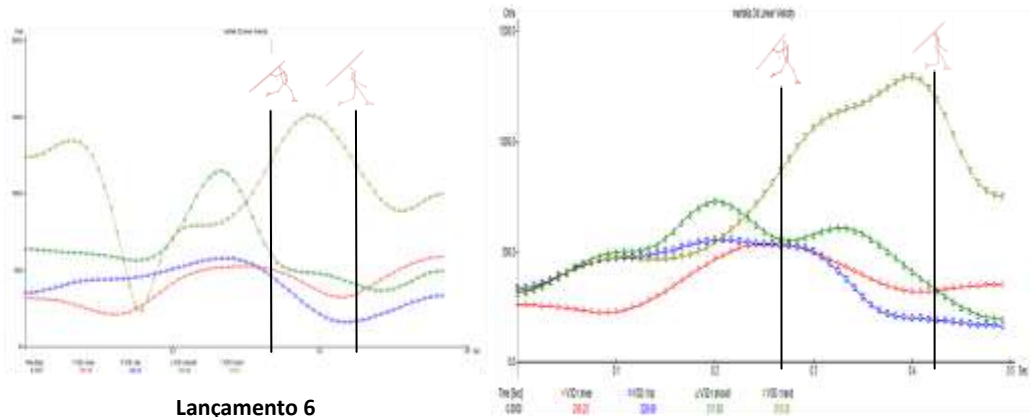


Lançamento 4



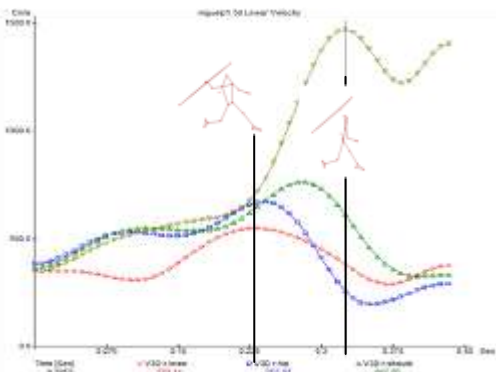
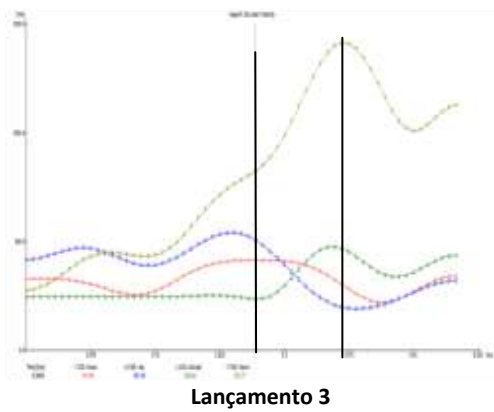
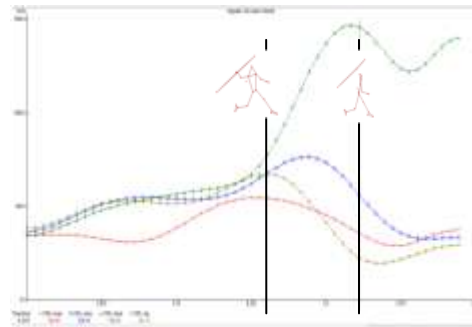
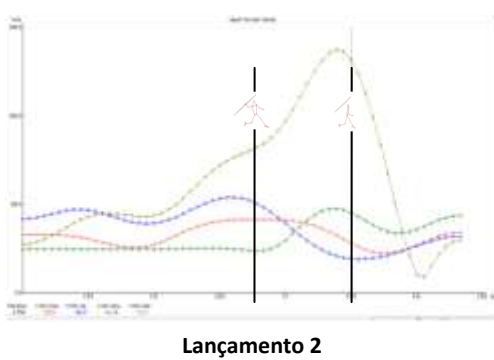
Lançamento 5

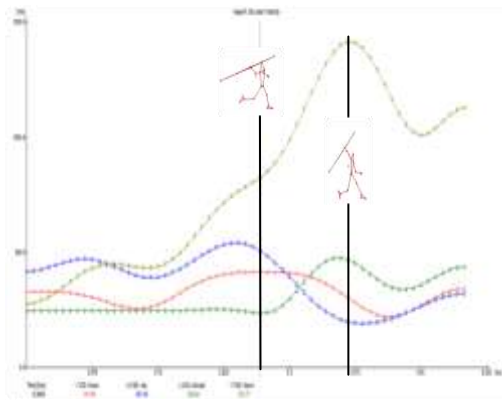




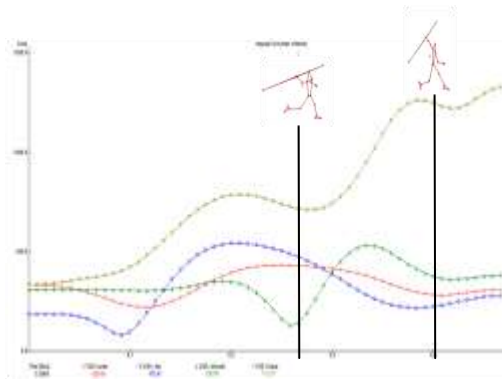
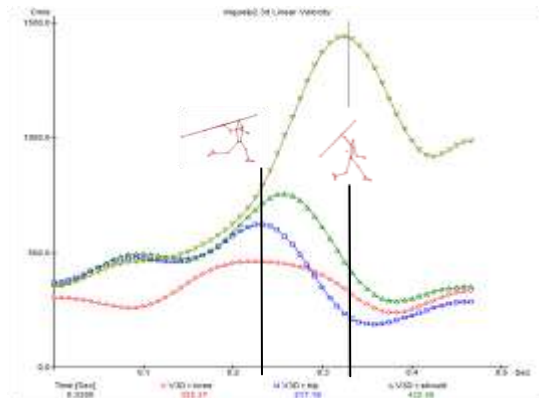
Atleta B

(Treino/Competição)

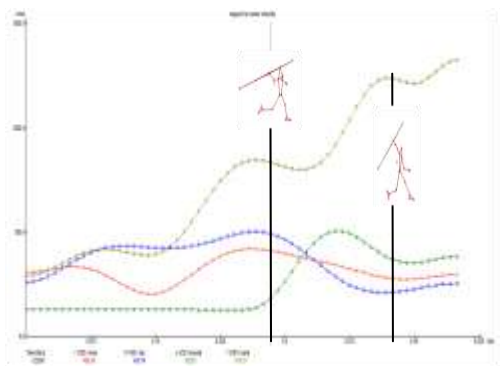
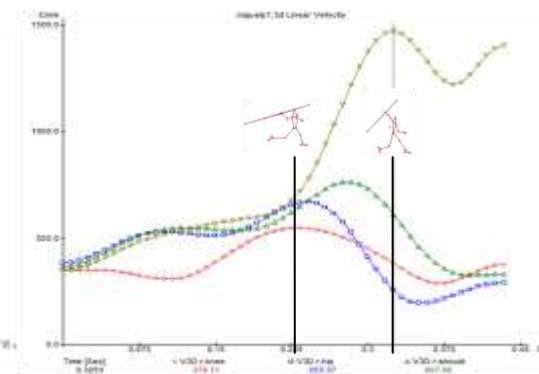




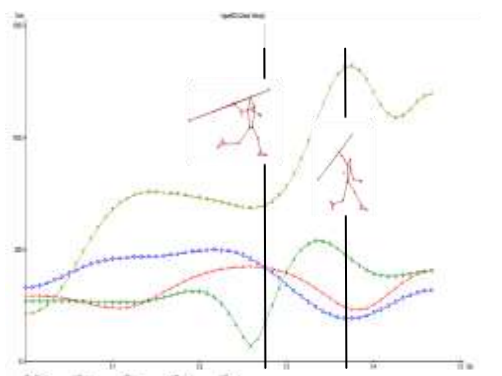
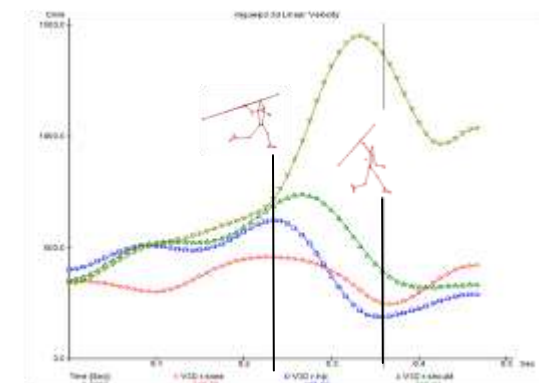
Lançamento 4



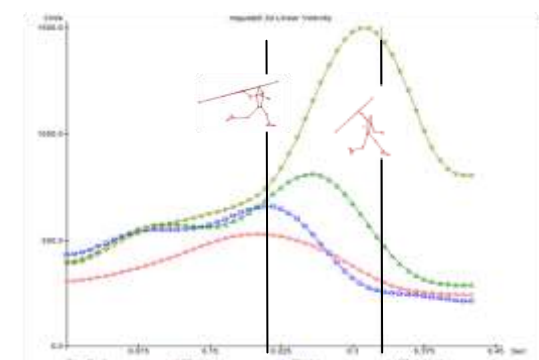
Lançamento 5



Lançamento 6

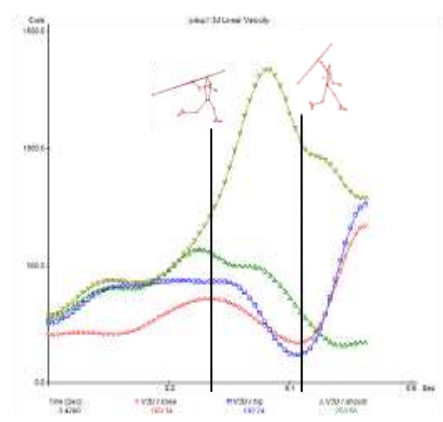


Lançamento 6

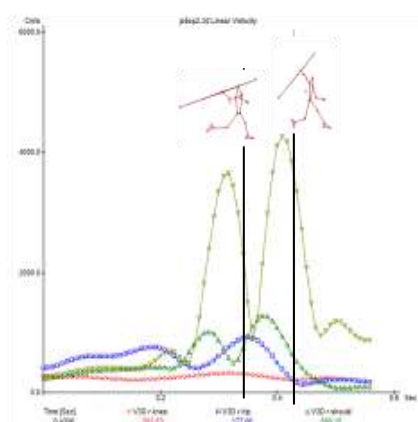


Atleta C

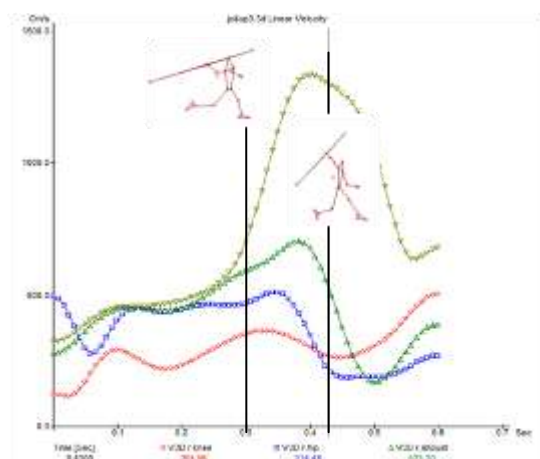
(Competição)



Lançamento 1



Lançamento 2



Lançamento 3

Apêndice B

Velocidade c.g.

Gráficos mostram os valores no momento inicial (momento f1).

Legenda:

Lançamento 1

Lançamento 2

Lançamento 3

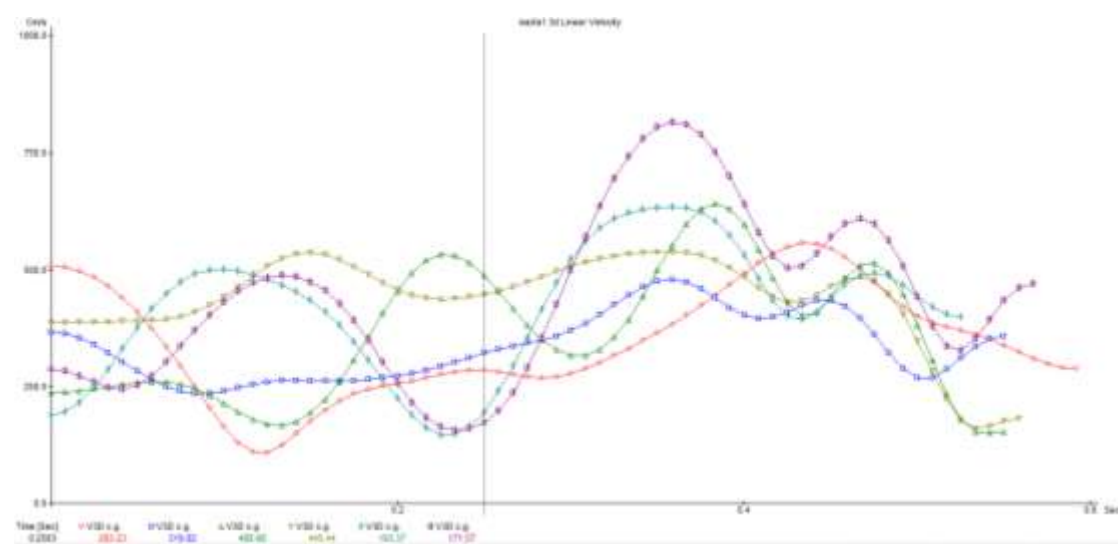
Lançamento 4

Lançamento 5

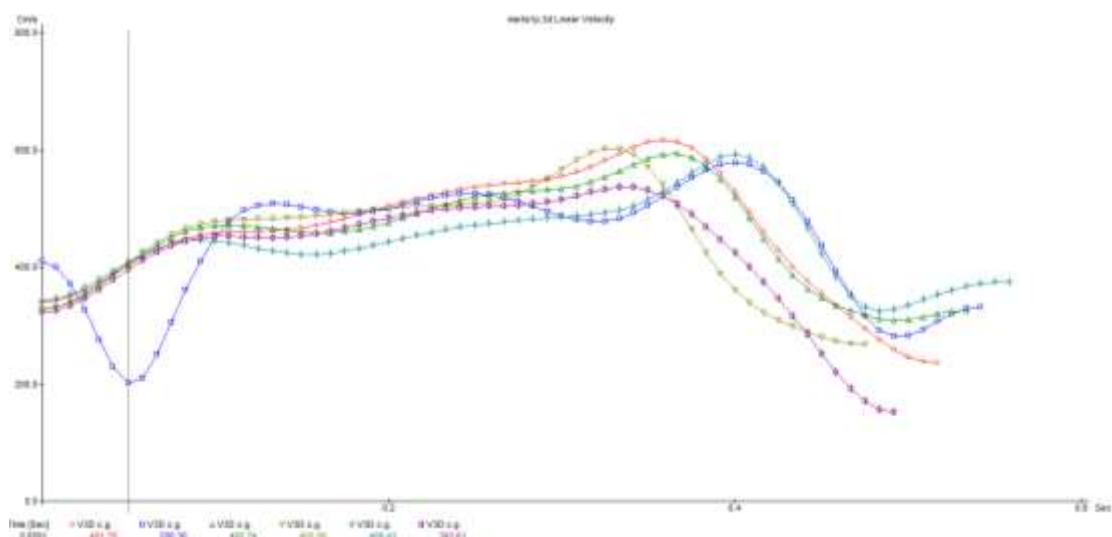
Lançamento 6

Atleta A

Treino

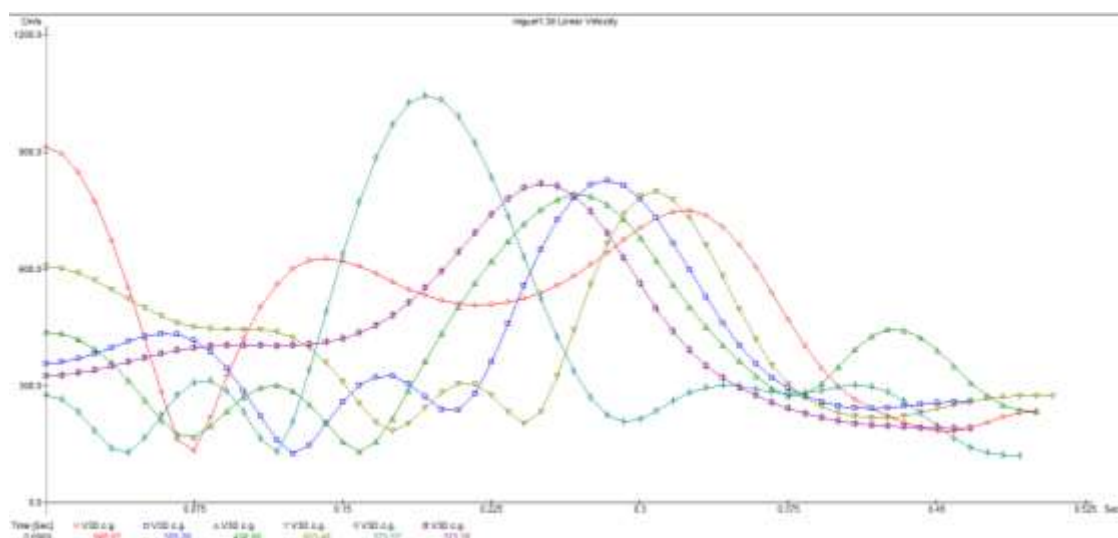


Competição

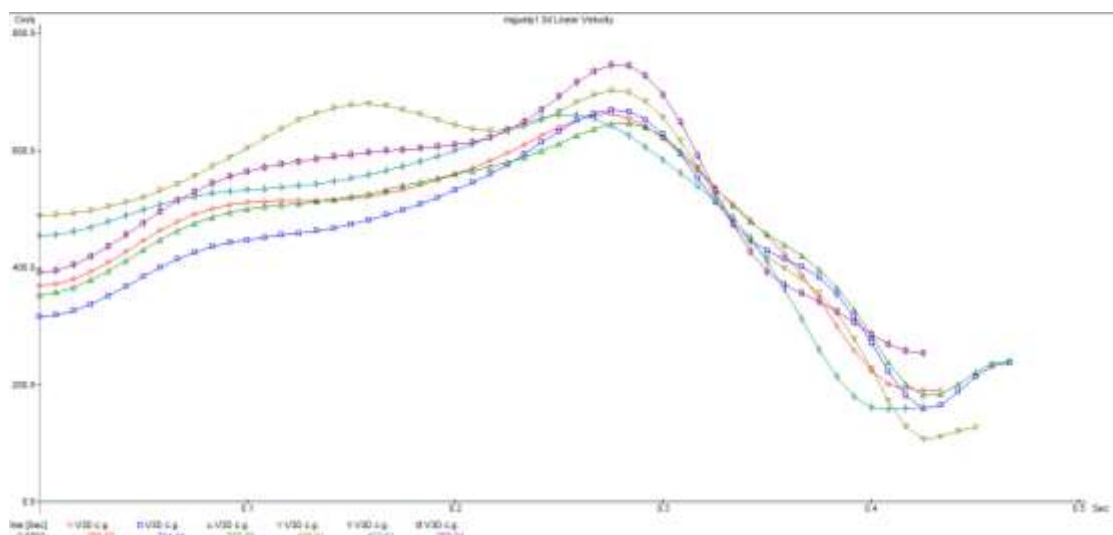


Atleta B

Treino

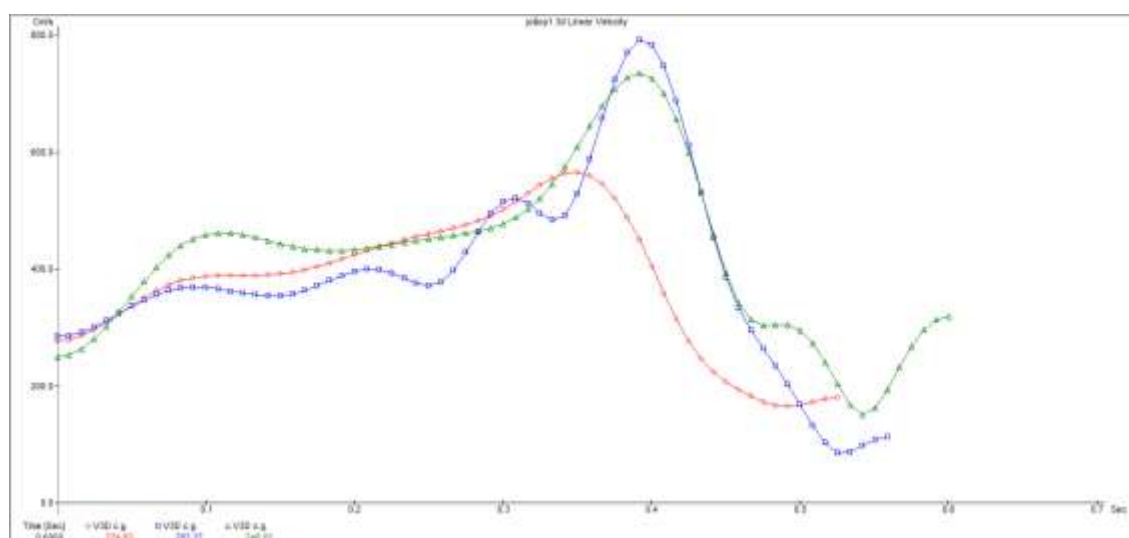


Competição



Athleta C

Competição



Apêndice C

Tabelas de testes de condição física

Atleta A

| Saltos (m) | | | | | | | |
|------------|--------|------|-------|-------|-------|------|-------|
| Macrociclo | Semana | P.J. | T.H.E | T.H.D | T.P.J | T.S | DEC. |
| Inverno | 42 | 2,05 | 6,20 | 6,40 | 6,50 | 6,29 | 22,20 |
| | 49 | 2,01 | 6,13 | 6,26 | 6,08 | 6,64 | 24,16 |
| | 51 | 2,19 | 0 | 0 | 6,44 | 0 | 0 |
| | 1 | 2,10 | 6,44 | 6,71 | 6,53 | 6,64 | 22,1 |
| | 5 | 0,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Verão | 13 | 2,05 | | | 6,28 | | |
| | 16 | 2,16 | 6,38 | 6,64 | 6,45 | 6,74 | 24,22 |
| | 18 | 2,2 | | | 6,7 | | |
| | 19 | | | | | | |

| Lançamentos (m) | | | | | | | |
|-----------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Macrociclo | Semana | D.L | D.S | D.P | B.F.L | B.F.S | B.F.P |
| Inverno | 42 | | | | 12,05 | 9,39 | 7,48 |
| | 49 | 14,58 | 13,05 | 11,02 | 12,80 | 9,64 | 8,28 |
| | 51 | 0 | 13,65 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1 | 15,26 | 12,98 | 11 | 13,71 | 11,02 | 8,58 |
| | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Verão | 13 | | 13,57 | | | | |
| | 16 | 15,34 | 12,3 | 11,77 | 14,97 | 11,7 | 9,66 |
| | 18 | | 13,7 | | | | |
| | 19 | | | | | | |

| Macrociclo | Semana | Vel. (s) | | | Força (Kg) | | Flex. (cm) | |
|------------|--------|----------|------|------|------------|--------|------------|--------|
| | | 30 m | 45 m | 60 m | SUP. | L.P. | F.M.S. | F.M.I. |
| Inverno | 42 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 54,00 | 0,00 | 47,00 | 14,80 |
| | 49 | 4,18 | 6,06 | 8,02 | 50,00 | 420,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 51 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1 | 4,38 | 5,94 | 8,29 | 65 | 450 | 56 | 9,1 |
| | 5 | 0 | 0 | 0 | 66 | 210 | 0 | 0 |
| Verão | 13 | 4,57 | | | | | | |

| | | | |
|-----------|------|----|-----|
| 16 | 4,26 | 65 | 210 |
| 18 | 4,4 | | |
| 19 | | 68 | 220 |

Atleta B

| Saltos (m) | | | | | | | |
|------------|--------|------|-------|-------|-------|------|-------|
| Macrociclo | Semana | P.J | T.H.E | T.H.D | T.P.J | T.S | DEC. |
| Inverno | 42 | 2,35 | 7,13 | 7,25 | 7,16 | 6,60 | 24,60 |
| | 49 | 2,48 | 7,19 | 7,40 | 7,57 | 7,05 | 26,20 |
| | 51 | 2,45 | 0 | 0 | 7,53 | 0 | 0 |
| | 1 | 2,49 | 7,1 | 7,56 | 7,66 | 6,96 | 25,96 |
| | 5 | 0,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Verão | 13 | 2,58 | | | | | |
| | 16 | 2,59 | | | 7,83 | | |
| | 18 | | | | | | |
| | 19 | | | | | | |

| Lançamentos (m) | | | | | | | |
|-----------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Macrociclo | Semana | D.L | D.S | D.P | B.F.L | B.F.S | B.F.P |
| Inverno | 42 | 12,72 | 10,45 | 9,82 | 10,39 | 8,29 | 6,90 |
| | 49 | 14,18 | 14,10 | 11,40 | 11,89 | 8,70 | 8,50 |
| | 51 | 0 | 12,5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1 | 13,91 | 13,21 | 11,25 | 12,7 | 9,6 | 8,45 |
| | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Verão | 13 | | | | | | |
| | 16 | | 13,26 | | | 10,4 | |
| | 18 | | | | | | |
| | 19 | | | | | | |

| Macrociclo | Semana | Vel. (s) | | | Força (Kg) | | Flex. (cm) | |
|------------|--------|----------|------|------|------------|--------|------------|--------|
| | | 30 m | 45 m | 60 m | SUP. | L.P. | F.M.S. | F.M.I. |
| Inverno | 42 | 4,14 | 6,18 | 8,01 | 75,00 | 410,00 | 59,00 | 6,40 |
| | 49 | 4,07 | 6,06 | 7,84 | 78,00 | 460,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 51 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1 | 4,08 | 5,85 | 8,05 | 90 | 0 | 64 | 3,5 |
| | 5 | 0 | 0 | 0 | 95 | 500 | 60 | 0 |
| Verão | 13 | 4,35 | | | | | | |
| | 16 | 4,19 | | | | | | |
| | 18 | | | | | | | |
| | 19 | | | | | | | |

Atleta C

| Saltos (m) | | | | | | | |
|------------|--------|------|-------|-------|-------|------|-------|
| Macrociclo | Semana | P.J | T.H.E | T.H.D | T.P.J | T.S | DEC. |
| Inverno | 42 | 2,39 | 6,72 | 7,15 | 6,83 | 7,10 | 25,50 |
| | 49 | 2,45 | 6,85 | 7,05 | 7,06 | 6,90 | 26,40 |
| | 51 | 2,44 | 7,35 | 7,4 | 7,1 | 6,95 | 26,8 |

| Lançamentos (m) | | | | | | | |
|-----------------|--------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| Macrociclo | Semana | D.L | D.S | D.P | B.F.L | B.F.S | B.F.P |
| Inverno | 42 | 12,34 | 10,86 | 9,95 | 10,78 | 8,77 | 7,50 |
| | 49 | 12,56 | 10,01 | 8,60 | 10,60 | 8,15 | 6,99 |
| | 1 | 12,65 | 11,7 | 0 | 9,89 | 8,1 | 0 |

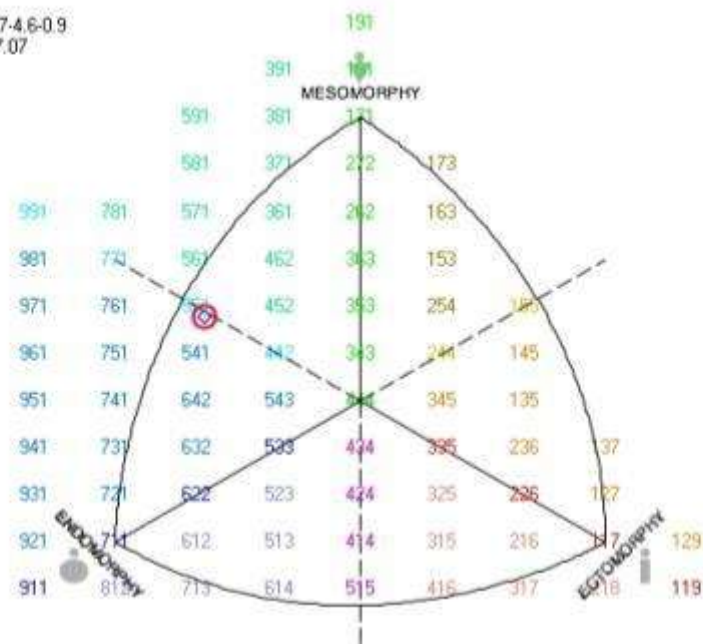
| Macrociclo | Semana | Vel. (s) | | | Força (Kg) | | Flex. (cm) | |
|------------|--------|----------|------|------|------------|--------|------------|--------|
| | | 30 m | 45 m | 60 m | SUP. | L.P. | F.M.S. | F.M.I. |
| Inverno | 42 | 4,05 | 5,90 | 7,67 | 62,00 | 300,00 | 50,00 | 19,00 |
| | 49 | 4,00 | 5,84 | 7,80 | 65,00 | 340,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 1 | 4,06 | 5,89 | 7,77 | 70 | 410 | 60 | 20 |

Apêndice D

Cartas do somatótipo

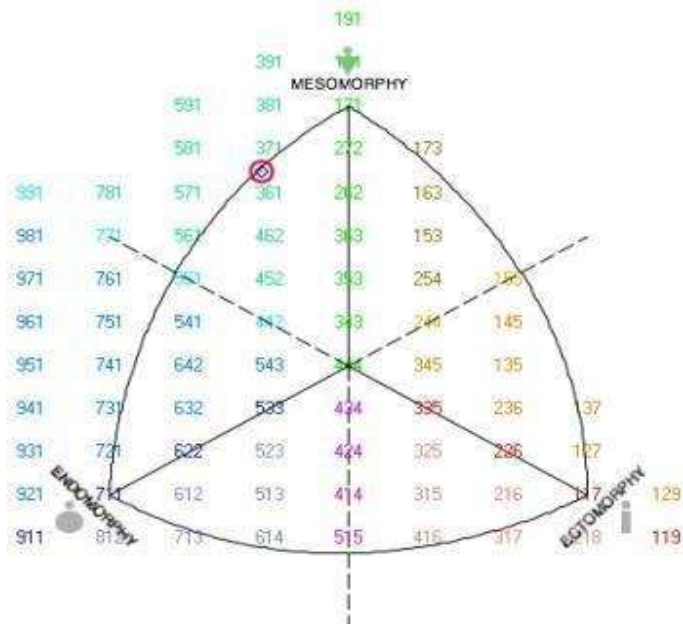
Atleta A

Total Profiles: 1
 Mean Somatotype: 4.7-4.6-0.9
 Mean Age: 17.07



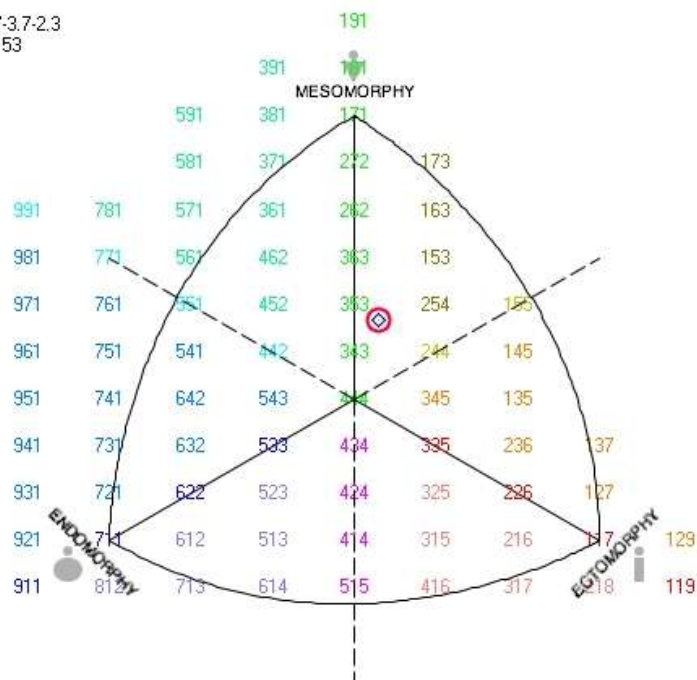
Atleta B

Total Profiles: 1
 Mean Somatotype: 3.1-6.5-0.9
 Mean Age: 16.96



Atleta C

Total Profiles: 1
 Mean Somatotype: 1.7-3.7-2.3
 Mean Age: 15.53



Apêndice E

Treino

O treino é o meio para os atletas se prepararem fisicamente e tecnicamente para as competições.

Caracterização do treino

O treino é esquematizado e preparado pelo treinador com as variantes disponibilidade horária dos atletas, período de treino, estado físico dos atletas entre outros.

O treinador dividiu a época desportiva em dois períodos gerais (macrociclo), o de inverno e o de verão. O macrociclo de inverno teve o pico de forma teorizado para o campeonato nacional de lançamentos de inverno no primeiro fim-de-semana de Março. O de verão como já foi referido teve o pico de forma apontado para o campeonato nacional de juvenis no primeiro fim-de-semana de Julho.

Os macrociclos são divididos em mesociclos têm duração variável conforme a estratégia que o treinador adote. Os mesociclos dividem-se em microciclos, ou seja semana de treino e as unidades de treino que correspondem a cada treino da semana.

A duração do macrociclo de inverno foi planeada de Setembro a Março e o de verão de Março a Agosto, exclusive.

As características dos mesociclos dos macrociclos são:

- Preparação física geral
 - Trabalho mais aeróbico, onde se pretende principalmente que se ganhe ritmo de treino após as férias, incluindo exercícios de força com carga leves, para criar resistência muscular e preparação para o mesociclo seguinte;
 - Não há lançamentos com dardo;
 - Cria-se a mobilidade geral com a introdução de outros desportos, como o voleibol;
- Hipertrofia

- Trabalho de força máxima;
- Resistência;
- Mobilidade com exercícios semelhantes ao lançamento;
- Lançamentos a baixa intensidade ou com bolas pesadas, com concentração em aspetos específicos;
- Treino de velocidade.
- Força especial
 - Lançamentos com concentração em aspetos específicos;
 - Força rápida;
 - Força específica;
 - Força estática;
 - Velocidade.
- Período competitivo
 - Força rápida;
 - Força específica;
 - Força estática;
 - Velocidade.
 - Força elástica;
 - Lançamentos de corrida completa.

A duração, em semanas, dos mesociclos em ambos os macrociclos (Inverno/Verão):

- Preparação física geral
 - Atleta A 4/0
 - Atleta B 4/0
 - Atleta C 4/0
- Hipertrofia
 - Atleta A 8/6
 - Atleta B 8/2
 - Atleta C 8/5+1
- Força especial
 - Atleta A 8/3+1+1
 - Atleta B 8/6+2
 - Atleta C 8/2+2+2
- Período competitivo

- Atleta A 4/4+3+1
- Atleta B 4/4+4
- Atleta C 4/ 2+4+1

Os atletas tiveram provas importantes em diferentes alturas da época desportiva, por isso o treinador optou por apontar picos de forma para diferentes datas da época. Os atletas estiveram em período de competição no microciclo de cada competição importante, voltando ao período de hipertrofia ou força especial no microciclo seguinte à competição. Por isso a designação 2+4+1, mostra o mesociclo de treino de 2 semanas, depois realizou-se outro diferente, tornando ao presente com 4 semanas de duração e assim por consequente.

Stander mostra métodos gerais dos aspetos que são específicos a cada mesociclo, como condicionamento geral, técnica, mobilidade, resistência, máxima força, força estática, força específica, força elástica, velocidade e velocidade específica.

Os traços gerais do planeamento feito pelo treinador dos atletas analisados são semelhantes aos propostos por *Stander*.

Os atletas A e B foram analisados no desempenho do lançamento em competição no seu pico de forma teorizado. A atleta A teve a sua análise em competição cerca de um mês antes do seu pico de forma teorizado, no período de força especial.

Os atletas A e B quando filmados em treino estavam no período de força especial.

O treinador baseou-se nos artigos *Fleck (1999)*, *McMorris e Hale (2006)* e *Wernbom (2007)*, para treino de musculação. Para a esquematização do treino baseou-se entre outros em *Haff (2004)* e *Rosso*.

Os atletas cumpriram cerca de 42 semanas de treino na época de 2011/2012.

Exercícios de treino

Neste capítulo são apresentados os exercícios de técnica que os atletas executam no seu treino para mecanizar a passagem pelas posições certas. Outros exercícios são propostas para corrigir erros detetados.

Além de exercícios técnicos os atletas fazem exercícios de reforço geral, com ênfase no reforço pélvico, que é fundamental para um bom lançamento. (Bartonietz, 2006)

Alongamento com dardo

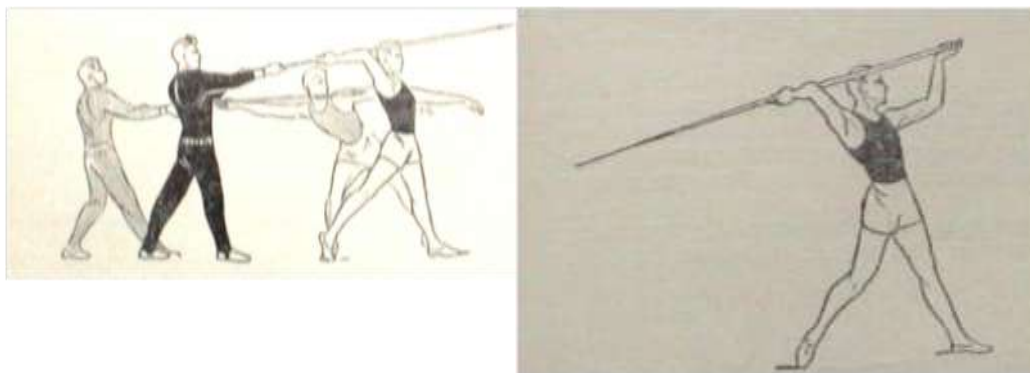


Figura 40 Exercício 1 (Bartonietz, 2006)

Estes exercícios são bons para facilitar a energia elástica do músculos, pois trabalha a elasticidade muscular. Alongamentos específicos como os mostrados têm a função de aquecer e preparar para lançamentos a mais intensidade, trabalha a noção das posições em fases finais do lançamento e alonga os músculos, prevenindo lesões e aumentando a capacidade de produção de energia cinética. (Bartonietz, 2006)

Na figura 41 o treinador pode ajudar o atleta a direcionar o dardo na posição e ângulo certos. (Stander, s.d.)

Nos dois exercícios o dardo fica fixo, no caso da imagem da esquerda o treinador segura o dardo e na da direita o próprio atleta segura o dardo com a mão contrária. O objetivo é fazer o corpo avançar sobre o dardo, com a sequência do lado direito, joelho, anca, ombro e cotovelo, mantendo sempre o mesmo ângulo do dardo.

Máquina de lançamento



Figura 41 Máquina de lançamento com Boris Henry (Bartonietz, 2006)

O exercício com a máquina de lançamento permite ao atleta mecanizar o lançamento com um ângulo determinado, a alta intensidade, para poder produzi-lo em lançamento. O inconveniente é que a máquina não se encontra disponível em locais de treino em Leiria.

Lançamento de bola pesada



Figura 42 Exercício 3, bola pesada (Stander, s.d.)

Imitativos feitos com bola pesada com os dois pés no chão, ou seja executar lançamento de bola pesada só a partir da fase preparatória. O atleta deve ter o joelho direito dobrado a esquerda quase esticada. A linha dos ombros na direção do lançamento com o tronco atrasado em relação às pernas, braço direito bem atrás e a palma da mão virada para cima. A rotação do lado direito ocorre sequencialmente desde o joelho até à mão.

Anexo A

Gráficos e tabelas de comparação.

Medidas antropométricas de atletas juniores (Milah Coh, 2001)

Table 1 Anthropometric characteristics of elite junior javelin throwers and their correlation with the competitive results

| # | Name | RE | BM | BH | RH | SW | PW | KD | TC | SC | BMI |
|----|----------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | M.A. | 78.42 | 71.0 | 1.82 | 230.0 | 38.2 | 27.3 | 9.1 | 54.2 | 37.2 | 21.45 |
| 2 | A.J. FIN | 77.60 | 87.7 | 1.90 | 246.0 | 42.7 | 27.6 | 10.0 | 59.3 | 40.7 | 24.56 |
| 3 | F.C. D | 75.86 | 100.2 | 1.78 | 231.0 | 42.8 | 30.0 | 10.2 | 65.9 | 43.8 | 31.70 |
| 4 | G.S. SLO | 73.06 | 89.1 | 1.92 | 250.0 | 41.8 | 29.1 | 10.8 | 59.5 | 40.2 | 24.47 |
| 5 | J.V. FIN | 71.40 | 102.0 | 1.82 | 241.0 | 43.6 | 37.2 | 10.0 | 64.7 | 44.4 | 30.81 |
| 6 | B.A. D | 70.22 | 101.1 | 1.87 | 246.0 | 43.2 | 29.5 | 10.5 | 65.0 | 43.2 | 28.06 |
| 7 | W.T. DEN | 68.52 | 95.4 | 1.87 | 237.0 | 42.8 | 27.8 | 10.7 | 66.2 | 42.8 | 27.65 |
| 8 | P.D. GB | 67.36 | 89.9 | 1.88 | 240.0 | 43.2 | 29.4 | 10.3 | 63.0 | 41.7 | 25.46 |
| 9 | C.K. LIT | 64.32 | 94.9 | 1.93 | 252.0 | 45.7 | 30.2 | 10.7 | 61.8 | 41.8 | 26.54 |
| 10 | P.F. I | 63.66 | 89.8 | 1.90 | 250.0 | 46.2 | 32.4 | 9.7 | 58.4 | 38.6 | 24.87 |
| 11 | A.A. LAT | 63.34 | 77.5 | 1.80 | 237.0 | 39.4 | 28.6 | 10.2 | 55.7 | 39.5 | 23.91 |
| | | 70.37 | 90.78 | 1.86 | | 42.69 | 29.92 | 10.20 | 61.15 | 41.26 | 26.31 |
| | S.D. | 5.43 | 9.70 | 0.05 | 7.61 | 2.34 | 2.81 | 0.50 | 4.19 | 2.26 | 3.12 |
| | R | | 0.11 | 0.27 | 0.41 | 0.44 | 0.23 | 0.37 | 0.04 | 0.01 | 0.05 |

Legend:

RE – competitive result in javelin (m)
 BM – body mass (kg)
 BH – body height (m)
 RH – reach height (m)
 SW – shoulder width (cm)
 PW – pelvic width (cm)
 KD – knee diameter (cm)
 TC – thigh circumference (cm)
 SC – shank circumference (cm)
 BMI – body mass index
 MEAN – arithmetic mean
 S.D. – standard deviation
 R – correlation between anthropometric variable and javelin result

Condições de saída (Calvin Morriss, s.d.)

Table 2: Release conditions for the twelve throws

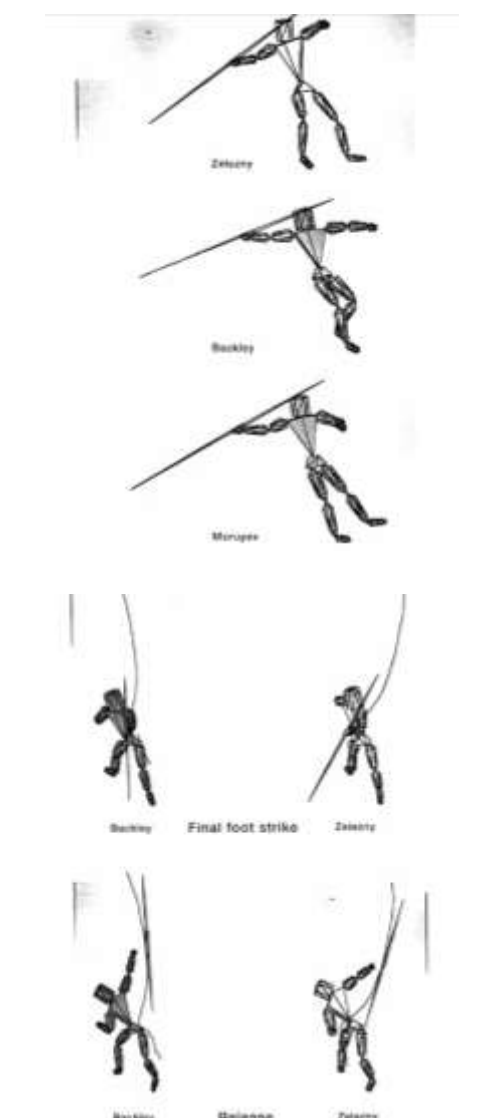
| Thrower | Distance [m] | Speed [m·s ⁻¹] | Angle [°] | Height [m] | Attack [°] | Yaw [°] |
|-------------|--------------|----------------------------|-----------|------------|------------|---------|
| Zelezny | 89.06 | 30.2 | 40 | 1.81 | 0 | 7 |
| Backley | 86.30 | 30.1 | 34 | 2.02 | -1 | 4 |
| Henry | 86.08 | 29.4 | 38 | 2.02 | -6 | 5 |
| Hecht | 83.30 | 28.9 | 40 | 2.13 | -6 | 9 |
| Wennlund | 82.04 | 29.1 | 36 | 1.85 | -6 | 1 |
| Hill | 81.06 | 28.4 | 39 | 1.64 | -2 | 7 |
| Rybin | 79.54 | 27.7 | 42 | 2.06 | -4 | 14 |
| Linden | 79.72 | 28.1 | 36 | 1.81 | 1 | 14 |
| Zelezny | 79.58 | 28.3 | 37 | 2.12 | 1 | 11 |
| Moruyev | 79.14 | 28.1 | 38 | 1.85 | -1 | 3 |
| Ráty | 78.76 | 28.9 | 37 | 2.00 | -8 | 8 |
| Hakkarainen | 78.16 | 28.2 | 39 | 2.12 | -9 | 1 |

Duração de fases (Calvin Morriss, s.d.)

Table 3: Phase durations in the twelve throws

| Thrower | Distance [m] | LFS [s] | Flight [s] | RFS [s] | RFS-FFS [s] | FFS-REL [s] |
|--------------------|--------------|---------|------------|---------|-------------|-------------|
| Zelezny | 89.06 | 0.10 | 0.24 | 0.09 | 0.14 | 0.12 |
| Backley | 86.30 | 0.12 | 0.20 | 0.20 | 0.21 | 0.12 |
| Henry | 86.08 | 0.13 | 0.21 | 0.17 | 0.19 | 0.13 |
| Hecht | 83.30 | 0.13 | 0.29 | – | 0.16 | 0.13 |
| Wennlund | 82.04 | 0.14 | 0.24 | – | 0.15 | 0.13 |
| Hill | 81.06 | 0.14 | 0.20 | 0.20 | 0.22 | 0.12 |
| Rybin | 79.54 | 0.14 | 0.24 | – | 0.16 | 0.13 |
| Linden | 79.72 | 0.14 | 0.26 | 0.20 | 0.24 | 0.13 |
| Parviainen | 79.58 | 0.14 | 0.27 | 0.22 | 0.25 | 0.15 |
| Moruyev | 79.14 | 0.14 | 0.34 | 0.17 | 0.18 | 0.11 |
| Rätty | 78.76 | 0.16 | 0.21 | – | 0.22 | 0.12 |
| Hakkarainen | 78.16 | 0.19 | 0.20 | – | 0.20 | 0.14 |

Posições de lançamento (Calvin Morriss, s.d.)



Ângulos do cotovelo (Calvin Morriss, s.d.)

Table 6: Throwing arm elbow angle at selected stages of the throw

| Thrower | Distance [m] | Throwing arm elbow angle [°] | | | |
|--------------------|--------------|------------------------------|-----|-----|-----|
| | | RFS | FFS | Min | REL |
| Zelezny | 89.06 | 156 | 123 | 90 | 170 |
| Backley | 86.30 | 166 | 153 | 118 | 147 |
| Henry | 86.08 | 150 | 132 | 95 | 154 |
| Hecht | 83.30 | 153 | 120 | 84 | 163 |
| Wennlund | 82.04 | 158 | 128 | 93 | 157 |
| Hill | 81.06 | 153 | 116 | 88 | 155 |
| Rybin | 79.54 | 136 | 123 | 88 | 150 |
| Linden | 79.72 | 129 | 107 | 85 | 140 |
| Parviainen | 79.58 | 159 | 131 | 92 | 164 |
| Moruyev | 79.14 | 151 | 116 | 91 | 149 |
| Räty | 78.76 | 153 | 110 | 84 | 151 |
| Hakkarainen | 78.16 | 151 | 127 | 93 | 148 |

Velocidade de saída atletas femininas (Daili Xu, s.d.)

**Table 1
Subject and Velocity of Javelin at Release**

| Subject | Nation | Velocity of Javelin (m / s) | | | | | | | | | Analyzed (m) |
|---------------|--------|-----------------------------|-------|-------|----------|------|-------|-----------|-------|-------|--------------|
| | | Horizontal | | | Vertical | | | Resultant | | | |
| | | i | ii | iii | i | ii | iii | i | ii | iii | |
| Sanderson, T. | GBR | 8.22 | 12.90 | 18.06 | 1.54 | 7.55 | 12.28 | 8.36 | 14.95 | 21.84 | 69.56 |
| Lillak, T. | FIN | 7.46 | 12.34 | 18.65 | 1.38 | 9.37 | 14.33 | 7.53 | 15.49 | 23.52 | 69.00 |
| Whitbread, F. | GBR | 8.35 | 11.55 | 15.51 | 0.20 | 8.69 | 15.07 | 8.35 | 14.46 | 21.62 | 67.14 |
| Laaksalo, T. | FIN | 7.64 | 11.37 | 16.41 | 0.94 | 9.02 | 14.37 | 7.70 | 14.51 | 21.81 | 66.40 |
| Solberg, T. | NOR | 8.43 | 13.48 | 17.81 | 0.29 | 7.20 | 12.78 | 8.43 | 15.28 | 21.92 | 64.52 |
| Thyssen, I. | FRG | 7.71 | 12.33 | 16.93 | 1.26 | 9.68 | 14.97 | 7.81 | 15.67 | 22.60 | 63.26 |
| Smith, K. | USA | 7.71 | 13.22 | 17.54 | 0.57 | 7.31 | 12.83 | 7.73 | 15.10 | 21.73 | 62.06 |
| LILLAK, T. | | 7.21 | 12.18 | 16.92 | 1.50 | 8.93 | 14.79 | 7.37 | 15.10 | 24.01 | 61.12 |
| LAAKSALO, T. | | 7.71 | 11.15 | 16.63 | 0.27 | 8.62 | 14.02 | 7.71 | 14.09 | 21.75 | 58.42 |
| SMITH, K. | | 7.42 | 11.82 | 16.77 | 0.11 | 5.74 | 13.25 | 7.42 | 13.14 | 21.37 | 55.92 |
| THYSSEN, I. | | 7.08 | 11.92 | 16.12 | 0.84 | 9.83 | 14.57 | 7.13 | 15.45 | 21.72 | 55.84 |

Parâmetros de saída (Daili Xu, s.d.)

**Table 2
Angular Parameters of the Javelin at Release**

| Subject | Release angle (deg.) | | | Amplitude angle (deg.) | | | Angle of attack(deg.) | | | Angular velocity (deg/s) | | |
|---------------|----------------------|------|------|------------------------|------|------|-----------------------|------|------|--------------------------|------|------|
| | i | ii | iii | i | ii | iii | i | ii | iii | i | ii | iii |
| | Sanderson, T. | 10.6 | 30.3 | 34.2 | 35.5 | 34.5 | 34.9 | 24.9 | 4.2 | 0.7 | 7 | -8 |
| Lillak, T. | 10.5 | 37.2 | 37.5 | 38 | 37.2 | 37.7 | 27.5 | 0 | 0.2 | 9 | -11 | -14 |
| Whitbread, F. | 1.4 | 37 | 44.2 | 45.3 | 45.9 | 46.5 | 43.9 | 8.9 | 2.3 | -1.1 | -1.0 | -1.3 |
| Laaksalo, T. | 7 | 38.5 | 41.2 | 37.5 | 38.8 | 38 | 30.5 | 0.3 | -3.2 | -2.5 | 1.2 | 2.1 |
| Solberg, T. | 2 | 28.1 | 35.7 | 34.3 | 35.6 | 36.4 | 32.3 | 7.5 | 0.7 | -3.2 | -1.9 | -2.1 |
| Thyssen, I. | 9.3 | 38.1 | 41.5 | 44.4 | 42.4 | 41.0 | 35.1 | 4.3 | 0.1 | 1.7 | 2.6 | 2.0 |
| Smith, K. | 4.2 | 20.9 | 36.2 | 39.5 | 40.1 | 41 | 35.3 | 11.2 | 4.8 | -3.0 | -2.9 | -2.6 |
| M | 6.4 | 34 | 38.6 | 39.2 | 39.2 | 39.4 | 32.8 | 5.2 | 0.8 | -1.1 | -6.4 | -6.3 |
| SD | 3.9 | 4.7 | 3.7 | 4.2 | 4 | 3.9 | 6.2 | 4.2 | 2.4 | 2.2 | 1.9 | 1.9 |
| LILLAK, T. | 11.0 | 36.2 | 38 | 35.6 | 36 | 38.0 | 23.8 | -0.2 | 0.6 | 17.5 | -2.8 | -8.1 |
| LAAKSALO, T. | 2 | 37.7 | 41.4 | 36.6 | 37.9 | 40.3 | 34.6 | 0.2 | -1.1 | -3.0 | -1.6 | -6.5 |
| SMITH, K. | 0.8 | 25.9 | 38.3 | 40.1 | 41.8 | 44.6 | 30.3 | 15.9 | 6.3 | -3.8 | -2.4 | -7.2 |
| THYSSEN, I. | 6.8 | 39.5 | 42.1 | 45.8 | 43.3 | 40.4 | 3.9 | 3.0 | -1.7 | 3.3 | 3.9 | 7.4 |
| M | 5.4 | 34.8 | 40 | 39.5 | 39.8 | 41 | 34.2 | 4.9 | 1 | -4.4 | -1.7 | -3.6 |
| SD | 5 | 0.1 | 2.1 | 4.6 | 3.4 | 2.5 | 7.2 | 7.3 | 3.6 | 34.9 | 39.5 | 73.8 |

Tempos de fases (J. Campos, s.d.)

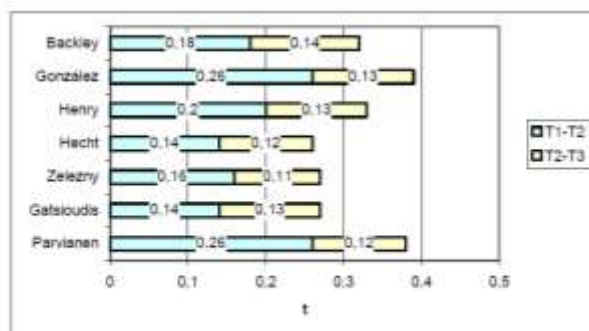
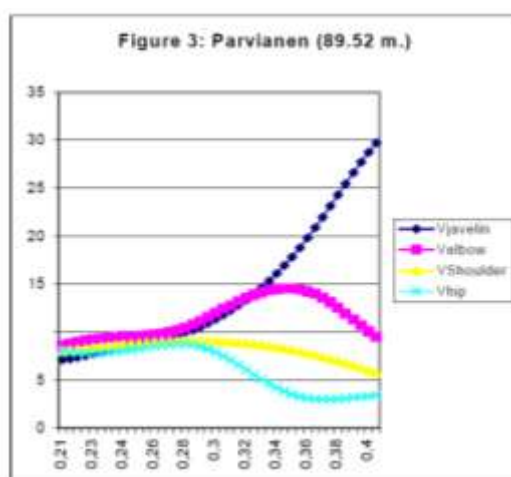


Figure 2: Times for the preparatory (T1-T2) and final phases (s).

Velocidades articulares (J. Campos, s.d.)

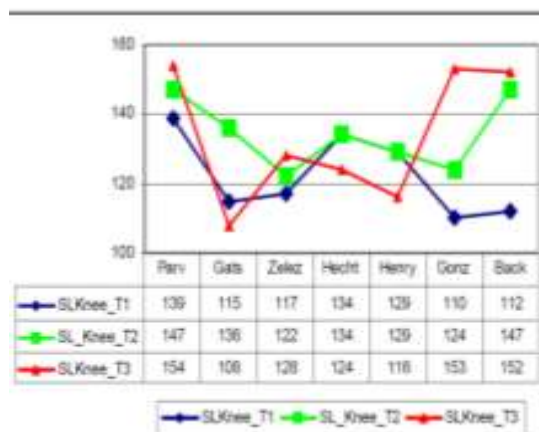
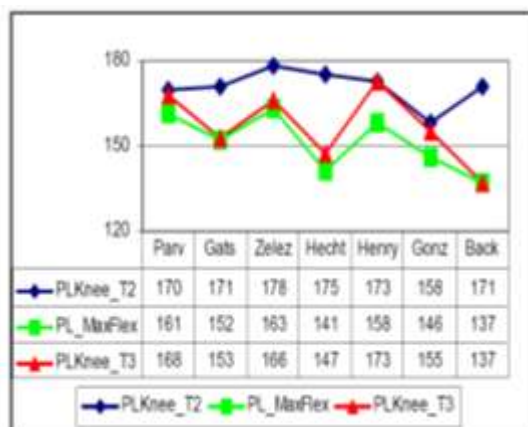


Condições de saída (J. Campos, s.d.)

Table 4: Release variables.

| Thrower | Distance | Release Velocity | Height Delivery | Attitude Angle | Release Angle | Attack Angle |
|------------|----------|------------------|-----------------|----------------|---------------|--------------|
| Parvianen | 89.52 | 29.7 | 2.14 | 35.7 | 36.6 | -0.9 |
| Gatsioudis | 89.18 | 29.6 | 1.9 | 37.5 | 31.6 | 5.9 |
| Zelezny | 87.67 | 29.2 | 1.8 | 36.9 | 31.1 | 5.8 |
| Hecht | 85.24 | 28.5 | 2.09 | 41.7 | 40.1 | 1.6 |
| Henry | 85.43 | 28.1 | 1.99 | 25.3 | 32.1 | -6.8 |
| González | 84.32 | 29.4 | 1.83 | 36.5 | 27.7 | 8.8 |
| Backley | 83.84 | 28.5 | 2.08 | 40.8 | 35.3 | 5.5 |

Ângulos dos joelhos (J. Campos, s.d.)



Ângulos do cotovelo (J. Campos, s.d.)

Table 8: Throwing arm elbow angle at t1, t2, t3

| Athlete | Elb_t1 | Elb_t2 | Elb_t3 |
|------------|--------|--------|--------|
| Parvianen | 158 | 119 | 159 |
| Gatsioudis | 172 | 128 | 159 |
| Zelezny | 140 | 105 | 160 |
| Hecht | 157 | 118 | 151 |
| Henry | 162 | 130 | 156 |
| González | 166 | 147 | 160 |
| Backley | 168 | 148 | 160 |