



Diferentes Pontos de Fixação de Meios Resistidos e suas Consequências para o Treino de Velocidade: Uma Análise Dinamométrica

Dissertação apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, como requisito para a obtenção do 2º ciclo de estudos em Desporto para Crianças e Jovens ao abrigo do Decreto-Lei no 74/2006 de 24 de Março.

Luís Filipe Gomes Barbosa Pereira de Lemos

Orientador: Prof. Doutor Filipe Almeida Viana da Conceição

Porto, 14 de Junho de 2013

Mestrado:

Lemos, L. (2013). Diferentes Pontos de Fixação de Meios Resistidos e suas Consequências para o Treino de Velocidade: Uma Análise Dinamométrica Porto: L. Lemos. Dissertação de Mestrado para a obtenção do grau de Mestre em Desporto para Crianças e Jovens, apresentado à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto

Palavras-chave: VELOCIDADE, FORÇAS DE REAÇÃO DO SOLO, EXERCÍCIOS RESISTIDOS, DINAMOMETRIA, BIOMECÂNICA.

Agradecimentos

Os meus agradecimentos ao Professor Doutor Filipe Conceição, orientador desta tese de mestrado, pela forma como acolheu este projeto, pela sua competência, orientação prestada e disponibilidade concedida ao longo do trabalho.

A todos os atletas pertencentes à Escola do Movimento e especialmente aos que fizeram parte deste estudo. Um abraço ao companheiro Pedro Guimarães na resolução de muita logística.

Ao André Carvalho que apesar da sua pouca disponibilidade temporal nunca disse que não às minhas questões e problemas.

Ao Pedro Gonçalves do gabinete de biomecânica, pelas explicações, paciência e boa disposição reveladas perante as dificuldades por mim encontradas.

Aos meus amigos que sempre me incentivaram a prosseguir na conquista dos meus sonhos.

À minha família por todo o apoio e carinho dado.

Aos meus Pais Augusto e Emília pela ajuda, conselhos e exemplos que me deram ao longo da vida, obrigado por tudo.

À minha mulher, Clarice Martins, um agradecimento único e especial pelo amor, pela presença que desejo eterna, e pela ajuda nos bons e menos bons momentos. Sem a sua presença a vida não teria a mesma beleza.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	III
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE QUADROS	VIII
Abreviaturas e símbolos	XIII
1. Introdução	1
2. Revisão da literatura	5
2.1. Corrida de velocidade	5
2.1.1. Fases da corrida da velocidade – 100m	6
2.1.2. Contributo das diferentes fases de corrida para a performance geral	10
2.2. Análise técnica do movimento de corrida	11
2.2.1. Análise técnica da corrida	12
2.3. Parâmetros a considerar nas corridas de velocidade	14
2.3.1. Parâmetros biomecânicos	14
2.3.2. Parâmetros cinemáticos	16
2.3.2.1. Frequência de passo	18
2.3.2.2. Amplitude de passo	19
2.3.2.3. Tempo de apoio e tempo de vôo	22
2.3.2.4. Oscilação vertical do centro de massa	23
2.3.2.5. Inclinação do tronco	24
2.3.3. Parâmetros dinâmicos	24
2.3.3.1. Forças de reação do solo	25
2.3.3.2. Força vertical	25
2.3.3.3. Força horizontal ou antero-posterior	27
2.4. Meios e métodos de preparação desportiva	30
2.4.1. Classificação dos exercícios	30
2.4.1.1. Exercício geral	31
2.4.1.2. Exercício competitivo	31
2.4.1.3. Exercício especial	31
2.4.1.3.1. Treino resistido	33
3. Objetivos	39

3.1	Objetivos gerais	39
3.2	Objetivos específicos	39
4.	Material e métodos	41
4.1.	Caraterização da amostra	41
4.2.	Protocolo experimental	42
4.2.1.	Variáveis analisadas	42
4.3.	Material utilizado	45
4.4.	Procedimentos da recolha de dados	46
4.5.	Tratamento estatístico dos dados	47
5.	Apresentação dos resultados	50
5.1.	Tempos de apoio na corrida normal	50
5.1.2.	Forças e impulsos horizontais na corrida normal	51
5.1.3.	Forças e impulsos verticais na corrida normal	52
5.1.4.	Velocidades e ângulos na corrida normal	52
5.1.5.	Correlação de Spearman das variáveis da corrida normal	53
5.2.	Resultados da comparação dos três exercícios nas variáveis do estudo	54
5.2.1.	Tempo de apoio na comparação dos três exercícios	54
5.2.2.	Forças horizontais na comparação dos três exercícios	55
5.2.3.	Forças verticais na comparação dos três exercícios	56
5.2.4.	Velocidades e ângulos na comparação dos três exercícios	57
6.	Discussão	60
7.	Conclusões	66
8.	Bibliografia	68

Índice de Figuras

Figura 1. Progressão do incremento da velocidade dos recordes do mundo na prova de 100m masculino	6
Figura 2. Curva típica de velocidade na prova dos 100m	9
Figura 3. Percentagem da contribuição das diferentes fases dos 100m	10
Figura 4. Fases do passo na velocidade	13
Figura 5. Modelo Determinístico da Velocidade	15
Figura 6. Determinantes da Frequência de Passo	19
Figura 7. Fases da Amplitude de Passo	21
Figura 8. Determinantes da Amplitude de Passo	21
Figura 9. Instantes da fase do tempo de apoio e vôo	22
Figura 10. Relação Tempo de Apoio e de Vôo nos 100m	23
Figura 11. Curvas verticais na corrida normal e sprint	26
Figura 12. Curva de Força Antero-posterior ou Horizontal	27
Figura 13. Direção da Resistência com Diferentes Meios Resistidos	22
Figura 14. Seccionamento da Curva Vertical	44
Figura 15. Seccionamento da Curva Horizontal	45
Figura 16. Organização dos instrumentos	45
Figura 17. Trenó e os diferentes pontos de fixação utilizados	46

Índice de quadros

Quadro 1. – Contribuição temporal e percentual das fases de corrida no recorde do mundo dos 100m em 2008	9
Quadro 2. – Últimos recordistas do mundo nos 100m e tempos parciais no decorrer da prova	11
Quadro 3. – Variáveis Cinemáticas	16
Quadro 4. – Médias da Amplitude e Frequência de Passo dos Dois Primeiros Classificados no Campeonato do Mundo de 2009 nos 100m	17
Quadro 5. – Carga Ótima para Aceleração	38
Quadro 6. – Carga Ótima para Velocidade Máxima	38
Quadro 7. – Características Gerais da Amostra	41
Quadro 8. – Definição das Variáveis Analisadas	43
Quadro 9. – Testes Realizados	47
Quadro 10. – Análise descritiva e comparação entre grupos de atletas rápidos e lentos para as variáveis de tempo de apoio na corrida normal	50
Quadro 11. – Análise descritiva e comparação entre grupos de atletas rápidos e lentos para as forças e impulsos horizontais na corrida normal	50
Quadro 12. – Análise descritiva e comparação entre grupos de atletas rápidos e lentos para as forças e impulsos verticais na corrida normal	51
Quadro 13. – Análise descritiva e comparação entre grupos de atletas rápidos e lentos para as velocidades e ângulos na corrida normal	52
Quadro 14. – Correlação entre variáveis da corrida normal	53
Quadro 15. – Análise descritiva e comparação entre os três exercícios para as variáveis de tempo de apoio	54
Quadro 16. – Análise descritiva e comparação entre os três exercícios para as variáveis para as forças e impulsos horizontais	55
Quadro 17. – Análise descritiva e comparação entre os três exercícios para as variáveis forças e impulsos verticais	56
Quadro 18. – Análise descritiva e comparação entre os três exercícios para as variáveis velocidades e ângulos	57

Resumo

A utilização de meios e métodos especiais com o propósito de melhorar a velocidade e a aceleração tornou-se uma prática corrente no Atletismo. Porém, poucos estudos têm analisado as alterações dos diferentes meios resistidos em relação a parâmetros dinâmicos e quais as consequências destes no desempenho competitivo. O objetivo do presente estudo consiste em determinar as variáveis dinamométricas a partir de métodos resistidos, quando atingida a máxima velocidade do atleta e verificar se a utilização dos diferentes pontos de fixação do trenó induzem alterações no padrão das curvas de força de reação do solo. A partir da plataforma de forças, 11 velocistas realizaram 3 exercícios à velocidade máxima, afim de avaliar as forças de reação do solo. Os dados foram analisados em ambiente *Matlab* e foram determinados os tempos dos instantes relevantes nas curvas de força, magnitudes das forças produzidas, impulsos e ângulos das curvas de reação do solo da fase de apoio dos atletas. Os resultados indicaram que: (i) a utilização de exercícios resistidos favorece o aumento do tempo na fase propulsiva, diminuição da fase de travagem e antecipação do instante em que ocorre o pico máximo de travagem e propulsivo horizontal; (ii) a utilização do cinto promove o aumento dos impulsos propulsivos e evidencia ser o meio mais adequado para a fase de aceleração; (iii) a aplicação do colete promove o aumento da magnitude da força vertical ativa e aparenta ser o meio resistido mais adequado para a fase de velocidade máxima; (iiii) o aumento das forças verticais apresentaram maior relevância para a distinção entre os elementos mais rápidos e os mais lentos da corrida normal.

Palavras-chave: VELOCIDADE, FORÇAS DE REAÇÃO DO SOLO, EXERCÍCIOS RESISTIDOS, DINAMOMETRIA, BIOMECÂNICA.

Abstract

The use of special means and methods in order to improve the speed and acceleration has become a common practice in Athletics. However, few studies have analyzed the changes of different resistance means in relation to dynamic parameters and its consequences for competitive performance. The aim of this study is to determine the dynamometric variables from resistance methods when athletes reach their maximum speed and to check whether the use of different attachment points induce changes in the pattern of the curves of the ground reaction force. From a force platform, 11 sprinters performed 3 speed exercises, in order to assess the ground reaction forces. Data were analyzed in Matlab and the time of the relevant moments in the force curves, forces magnitude, angles and ground reaction impulses of the support phase of the athletes were determined. The results indicated that: (i) the use of resistive exercise time favors the increase in the propulsive phase, decrease in the braking phase and advance of the moment at which the local maximum peak braking and propulsive horizontal (ii) the use of the belt promotes increased propulsive impulses and shows to be the most suitable for the acceleration phase, (iii) the application of the vest promotes increased magnitude of the vertical force active and appears to be the most suitable for middle weathered the phase of maximum speed; (iv) the increase of vertical forces were more relevant to the distinction between elements faster and slower the normal race.

Keywords: SPEED, GROUND REACTION FORCES, RESISTED TRAINING, DYNAMOMETRY, BIOMECHANICS

Abreviaturas e símbolos

tt	Tempo total do apoio
$Fz1$	Força máxima vertical (1º pico)
$\% t_{Fz1}$	Período de tempo para ocorrer a força máxima vertical $Fz1$
$Fz2$	Força máxima vertical (2º pico)
$\% t_{Fz2}$	Período de tempo para ocorrer a força máxima vertical $Fz2$
I_{Fz1}	Impulso da força Fz no intervalo $[0, Fz1]$, denominado impulso passivo
I_{Fz2}	Impulso da força Fz no intervalo $[Fz1, Fz2]$, denominado impulso ativo
I_{Fz3}	Impulso da força Fz no intervalo $[Fz2, 0]$ denominado impulso de decolagem
TC_{Fz1}	Taxa de crescimento no intervalo $[0, Fz1]$
TC_{Fz2}	Taxa de crescimento no intervalo $[Fz1, Fz2]$
$Fy1$	Força máxima negativa, na fase de travagem
$\% t_{Fy1}$	Período de tempo para ocorrer a força antero-posterior máxima negativa, na fase de travagem
$Fy2$	Força antero-posterior máxima, na fase de aceleração
$\% t_{Fy2}$	Período de tempo para ocorrer a força antero-posterior máxima, na fase de aceleração
I_{Fy1}	Impulso da travagem (integral da Fy em ordem ao tempo, de $t=0$ até que Fy alcance o valor nulo)
I_{Fy2}	Impulso da aceleração (integral da Fy em ordem ao tempo, de $t=0$ até que Fy alcance o valor nulo devido á decolagem do apoio)

TI_{Fy}	Totalidade do impulso horizontal (obtido através da subtração do impulso de travagem ao impulso da aceleração)
TDC_{Fy1}	Taxa de decrescimento no intervalo [0, $Fy1$]
TC_{Fy2}	Taxa de crescimento da reta no intervalo [valor nulo, $Fy2$]
% $t_{Fy=0}$	Valor do tempo em que a força horizontal (Fy) alcança o valor nulo
t_{prop}/t_{trav}	Razão entre o tempo propulsivo e o de travagem em Fy
$Vel_{Fy_{trav}}$	Varição da velocidade obtida pelo quociente do impulso de travagem de Fy com a massa
$Vel_{Fy_{prop}}$	Varição da velocidade obtida pelo quociente do impulso propulsivo de Fy com a massa
$Vel_{Fz_{trav}}$	Varição da velocidade obtida pelo quociente do impulso de travagem de Fz com a massa
$Vel_{Fz_{prop}}$	Varição da velocidade obtida pelo quociente do impulso propulsivo de Fz com a massa
$\phi_{passivo}$	Ângulo obtido da variação da velocidade na fase travagem
ϕ_{ativo}	Ângulo obtido da variação da velocidade na fase propulsiva

1. INTRODUÇÃO

A capacidade de correr à máxima velocidade tendo como propósito a performance desportiva é um parâmetro chave em muitos desportos e o foco de diversos programas de treino (Delecluse, 1995b; Gambetta, 1981; Mero et al., 1992).

Até à década de 1960 era consensual que os velocistas nasciam e não se construíam. Ou se tinha a capacidade inata de ser rápido ou não. Contudo, após Armin Hary, campeão olímpico em 1960, e especialmente Valery Borzov, campeão olímpico em 1972, se compreendeu que até mesmo os mais talentosos velocistas poderiam ser desenvolvidos para além daquilo que era esperado ser o seu verdadeiro potencial (Francis, 1997).

Com esta mudança gradual de pensamento e comportamento, se compreendeu que “sprintar” é uma habilidade que requer aprendizagem (Schiffer, 2011) e com exercícios específicos e direcionados se pode progredir no desenvolvimento dessa habilidade.

Assim, a utilização de meios e métodos especiais com o propósito de melhorar a velocidade e a aceleração tornou-se uma prática corrente não só no Atletismo, mas nos mais variados desportos (Faccioni, 1994). Alguns desses métodos designados especiais são utilizados numa fase mais específica do planeamento desportivo e implicam meios resistidos, como as corridas com arrastos, trenós, cinto, colete lastrado, paraquedas, elásticos, etc. Através deste tipo de exercício específico, treinadores buscam maximizar o padrão motor, a partir de uma maior ativação neural e um maior recrutamento de unidades motoras rápidas. Esta maximização permitirá uma melhor eficiência na transferência do padrão treinado para a competição (Cissik, 2004a).

Há evidências de que os métodos resistidos melhoram a capacidade do atleta em aumentar a produção de forças verticais e horizontais (Zatsiorsky, 1998), dependendo da direção de utilização da carga durante a execução do exercício (Alcaraz et al., 2008). Segundo Spinks et al. (2007), estes métodos parecem estar ainda relacionados ao incremento da produção de força-velocidade e da amplitude de passo.

Apesar de diferentes estudos sobre a temática, não temos conhecimento de investigações que tenham sido realizadas de forma a compreender qual o meio especial mais apropriado para o planeamento e periodização de jovens velocistas treinados (Clark et al., 2010; Spinks et al., 2007; Zafeiridis et al., 2005). Questiona-se ainda quais as diferenças e semelhanças entre os meios utilizados e como estes podem melhorar o rendimento competitivo.

Nas disciplinas de velocidade, outro fator importante a destacar é que as componentes biomecânicas são variáveis determinantes para um melhor desempenho desportivo. Destaque-se a este respeito os fatores cinemáticos, a produção de força e os grupos musculares envolvidos na execução técnica dos movimentos, entre outros, como fundamentais para o resultado final (Komi, 2002).

Velocistas de elite têm demonstrado menor tempo de apoio e maior fase de vôo relativamente a velocistas de nível competitivo inferior (Weyand et al., 2000). Os velocistas do mais alto nível competitivo revelam superior capacidade para exercerem grandes forças de reação no solo, num curto espaço de tempo (Bundle & Weyand, 2012; Komi, 2002). Contudo, apesar da diversidade e quantidade de estudos produzidos, as investigações recentes apontam para controvérsias relativamente aos fatores determinantes para o incremento da velocidade, no referente às componentes horizontal e vertical das forças de reação do solo (Morin et al., 2011), já que estas variáveis e as cinemáticas são as que permitem distinguir os mais rápidos dos mais lentos.

O objetivo do presente estudo consiste em determinar as variáveis dinamométricas a partir de métodos resistidos, quando atingida a máxima velocidade do atleta e verificar se a utilização dos diferentes pontos de fixação do trenó induzem alterações no padrão das curvas de reação do solo.

Tendo como referência a problemática descrita acima, este trabalho encontra-se dividido em oito capítulos, conforme indicado a seguir:

Capítulo I – Introdução: versará sobre o estado da arte, o enquadramento do problema, e a explanação acerca das etapas do estudo;

Capítulo II – Revisão da Literatura: será composta pela atualização do conhecimento acerca das diferentes temáticas abordadas no estudo;

Capítulo III – Objetivos: são delineados neste capítulo os objectivos geral e específicos do estudo;

Capítulo IV – Material e métodos: será descrita a metodologia utilizada, quanto aos processos e procedimentos experimentais utilizados no estudo;

Capítulo V – Apresentação dos resultados: apresentação dos resultados encontrados no estudo;

Capítulo VI - Interpretação dos resultados encontrados no estudo, comparando-os aos dados encontrados na literatura específica;

Capítulo VII – Conclusão: principais conclusões do estudo fundamentadas nos resultados obtidos e na discussão dos mesmos;

Capítulo VIII – Referencias Bibliográficas: lista dos estudos citados no presente trabalho;

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. CORRIDA DE VELOCIDADE

As provas de velocidade têm sido descritas em muita da literatura associada à história do desporto, uma vez que representam a máxima expressão de velocidade de deslocamento que o homem pode exprimir (Aaseng, 2002; Duncanson, 2011; Schiffer, 2007). Registos indicam que as corridas de velocidade estavam incluídas nos Jogos Olímpicos desde a Grécia antiga. Foram encontrados engenhos como blocos de mármore, que se destinavam à existência de uma forma justa de partida para todos os concorrentes (Aaseng, 2002). Esta corrida era denominada “Stádion”, pois atletas percorriam a distância de 192 metros no estádio em Olímpia.

Em 1896, tiveram início, na cidade de Atenas, os primeiros Jogos Olímpicos da era Moderna. Nesta ocasião já foi disputada a prova mais famosa do Atletismo: a corrida de 100 metros (100m) masculinos.

Apenas em 1928, em Amesterdão, as mulheres obtiveram o direito de participar na prova dos 100m e disputar o título de campeã Olímpica.

Um dos grandes desafios ao longo dos tempos, foi o de baixar a barreira dos dez segundos na prova masculina. O primeiro atleta a realizar uma marca abaixo dos dez segundos foi Jim Hines, que em 1968 correu a distância em 9,95 segundos, numa das primeiras pistas sintéticas concebidas.

Outros nomes de referência na prova foram Jesse Owens, Carl Lewis e Maurice Green, este último referência por ter sido o primeiro atleta a correr abaixo dos 9,80 segundos. Na prova feminina, as prestações de Florence Griffith-Joyner e atualmente de Usain Bolt nos masculinos, aumentaram consideravelmente a popularidade desta prova.

A relatada evolução dos recordes do mundo na corrida de 100m (Figura 1.) está dependente de factores psíquicos (concentração, vontade), neurais (recrutamento, frequência, capacidade de excitação-inibição, velocidade de condução de estímulos, inervação), componentes músculo-tendinosos (tipo de fibras, velocidade contráctil do músculo, viscosidade, temperatura dos músculos, flexibilidade) e nível técnico (Garcia Manso, 1998); Está também

fortemente dependente do desenvolvimento, aperfeiçoamento e conhecimento dos meios e métodos de treino que promovem o desempenho competitivo dos atletas.

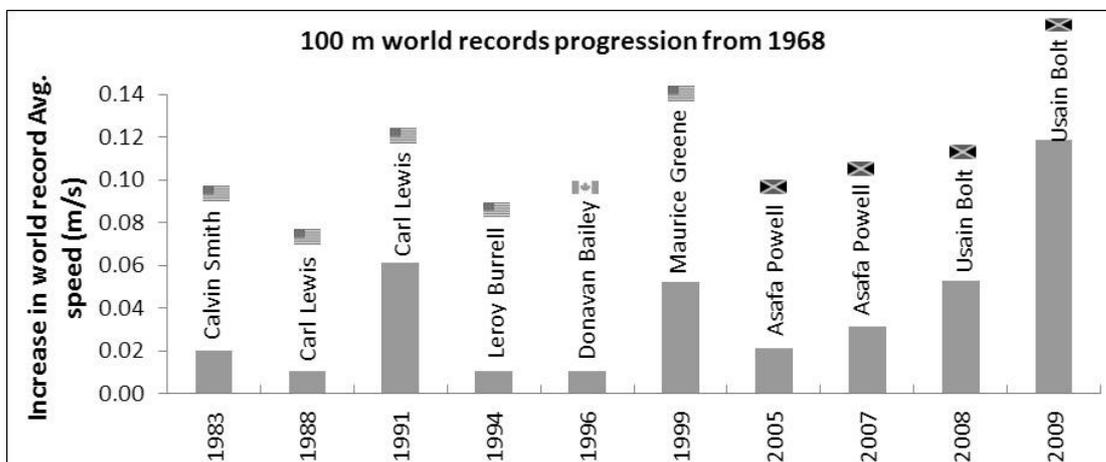


Figura 1: Progressão do incremento da velocidade nos recordes do mundo na prova de 100m masculino (Federação Internacional Atletismo Amador)

A velocidade não é apenas uma característica nas provas de velocidade do Atletismo, mas um importante factor de desempenho na maioria dos desportos colectivos (Cronin & Sleivert, 2005; Dintiman, 1997; Young, 2006). Hay (1993) declara que em muitas atividades desportivas, o sucesso não está na velocidade máxima alcançada, mas sim na capacidade do atleta em aumentar ou diminuir rapidamente a velocidade.

2.1.1. Fases da corrida de velocidade – 100m

O desempenho numa prova competitiva de velocidade não está dependente apenas da velocidade máxima. É necessário envolver outras variáveis, como a capacidade de reação - tempo do atleta entre o tiro de partida e o início da reação muscular; capacidade da aceleração; e aptidão de manter a velocidade máxima no decorrer do maior espaço de tempo possível (Delecluse, 1995b; Grosser, 1992; Mero et al., 1992). Embora não exista consenso quer na comunidade científica, quer entre treinadores de Atletismo relativamente à terminologia, número e tipo de fases que uma corrida de

velocidade apresenta (Bezodis et al., 2010), sabe-se que a corrida de 100m é dividida em diferentes fases (Dintiman, 1997; Francis, 1997; Seagrave, 1996).

Considerando o estabelecido por Delecluse (1995a), Gambetta (1981), Gajer et al. (2000), Mero et al. (1992) neste estudo considerar-se-á a divisão da corrida de velocidade em quatro fases, nomeadamente: a) Partida; b) Aceleração; c) velocidade máxima; e d) desaceleração.

a) Fase da partida

A fase de partida dos blocos é definida pela capacidade do atleta em reagir rapidamente a um estímulo auditivo passando de zero para uma aceleração máxima. A força máxima e explosiva dos membros inferiores são parâmetros fundamentais para uma partida de qualidade. Após o sinal de partida, o atleta deve desenvolver forças horizontais caracterizadas por atingirem 1,5 vezes o seu peso corporal, em menos de 0,4 segundos (Slawinski et al., 2013).

O tempo de reação traduz-se de pouca relevância para o resultado final. Este tempo tem uma duração que oscila entre 0,12 e 0,18 segundos, constituindo apenas 1 a 2% do resultado final da prova (Harland & Steele, 1997). Não obstante, a vantagem psicológica de iniciar a corrida na frente pode ser um factor de desempenho muito importante.

b) Fase de aceleração

A capacidade de acelerar é uma qualidade fundamental a considerar no Atletismo e na maioria dos desportos coletivos. Atletas de velocidade empregam muito do seu tempo a aprimorar o desenvolvimento desta capacidade.

A fase de aceleração é definida como a distância necessária para alcançar a velocidade máxima. Esta fase é considerada como o parâmetro de maior influência nos resultados competitivos (Lockie et al., 2011; Morin et al., 2012).

Segundo Baughman (1984), a fase de aceleração contribui em cerca de 60-65% para o resultado final no desempenho competitivo. Dependendo do

tipo de atleta e escola (europeia, americana), esta fase pode ter diferentes durações, sendo menor nos indivíduos pouco treinados comparativamente a atletas de elite, com capacidade maior de aceleração (até 50-60 metros em homens e até 40-50 metros em mulheres) (Delecluse, 1995b; Mero et al., 1992).

De acordo com Delecluse (1995a); Dick (1987); Seagrave (1996), a fase de aceleração é dividida em duas sub-fases:

- a) Fase inicial - a aceleração é muito acentuada, dominada por atletas de grande força explosiva (Garcia Manso, 1998);
- b) Fase de aceleração - menos acentuada, é uma fase de transição entre a fase de aceleração máxima e a fase de velocidade máxima.

A mecânica da aceleração é um fator primordial a ter em consideração e é caracterizada por um maior tempo de apoio no solo (150 a 180 milissegundos) e uma fase de vôo mais curta, quando comparada à fase da velocidade máxima (Mero, 1992).

No início de um sprint, os atletas devem assumir uma posição que lhes permita acelerar o corpo no menor espaço de tempo possível. Traduzida por elevada magnitude de aplicação de forças recrutando grandes massas musculares, de forma a vencer a inércia e a gravidade.

A capacidade de acelerar é caracterizada pela alta produção de força (Mero & Komi, 1986; Sleivert & Taingahue, 2004) e considerada de extrema importância nos desportos coletivos (Duthie et al., 2006; Gregson et al., 2010).

c) Fase de velocidade máxima

Esta corresponde à fase em que a velocidade de deslocamento é máxima e que o atleta consegue mantê-la num determinado espaço temporal. Normalmente inicia-se aos 30-40 metros (Volkov & Lapin, 1979) em atletas de nível inferior, mas atletas de elite conseguem que esta fase seja alcançada mais tardiamente: entre os 50-60 metros (Gajer et al., 2000).

Na fase de velocidade máxima, atletas do sexo masculino atingem velocidades na ordem dos 12 metros por segundo (m/s). Para as mulheres, esta velocidade ronda os 11 m/s. O tempo de apoio do pé no solo pode chegar aos 80 milissegundos (Dintiman, 1997; Garcia Manso, 1998).

O tempo de manutenção da velocidade máxima é extremamente curto, cerca de 2 a 3 segundos em atletas de elite (Morin et al., 2012; Nummela et al., 2007).

d) Fase de desaceleração

Esta fase abarca os últimos 10-20 metros e é caracterizada pelo decréscimo da velocidade máxima alcançada na fase anterior.

Nesta fase, a fadiga, especialmente do sistema nervoso central, origina uma diminuição da frequência de passo. Em contrapartida o atleta tenta compensar esta diminuição com um aumento da amplitude de passo.

Alguns velocistas aparentam atingir maiores velocidades na fase final da corrida. No entanto, este fato não passa de aparência e é destacado pela maior fadiga dos outros atletas concorrentes.

De acordo com a Figura 2, atletas de elite têm conseguido fazer com que a máxima velocidade seja mantida ao longo do tempo, sem grandes oscilações até ao final da prova. Aqui assume especial importância a capacidade do metabolismo anaeróbio do atleta, capaz de manter o padrão mecânico do movimento.

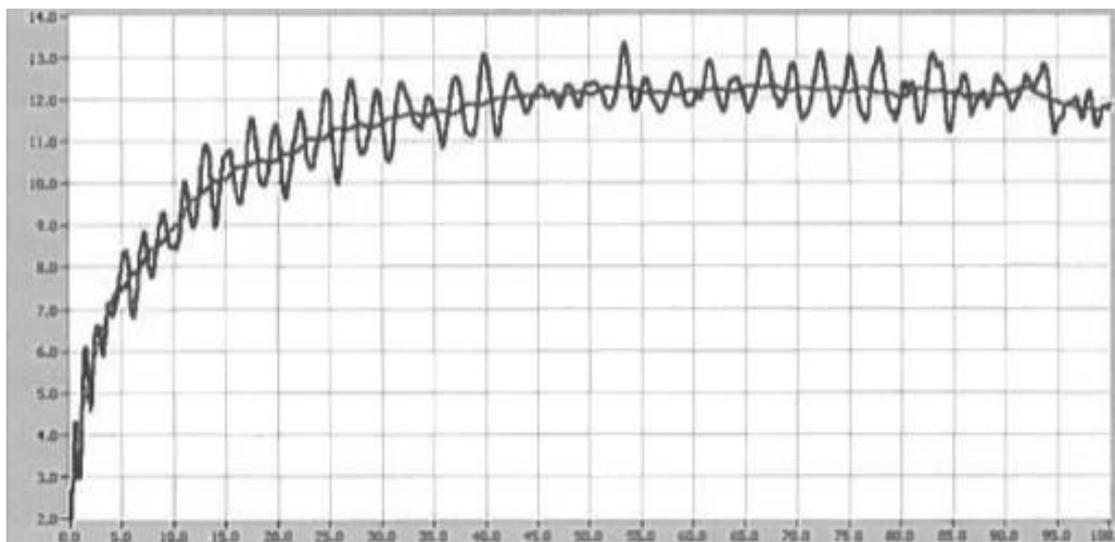


Figura 2. Curva típica de velocidade na prova dos 100m. (Butler, 2009)

2.1.2. Contributo das diferentes fases de corrida para a performance final

Segundo dados da Federação Internacional de Atletismo Amador (IAAF) (Butler, 2009), destaca-se que, mediante o tempo em que decorrem as diferentes fases de corrida, estas assumem um papel de importância diferenciado ao longo da prova. Estes dados são de suma relevância para treinadores, quer no planeamento, quer na seleção dos meios e métodos que devem ser priorizados na preparação dos atletas.

Quadro 1: Contribuição temporal e percentual das fases de corrida no recorde do mundo dos 100m em 2008

Phase	sec	total time	%
Start, Acceleration and Maximum Speed	6	9.69	61.9
Maximum Speed Held	1.96	9.69	20.2
Deceleration/Finish	1.73	9.69	17.9

Fonte: IAAF (Butler, 2009)

Tellez (2010) um dos mais conceituados treinadores de atletas de velocidade, advoga um entendimento diferente relativamente às fases de maior importância na prova dos 100m (Figura 3.).

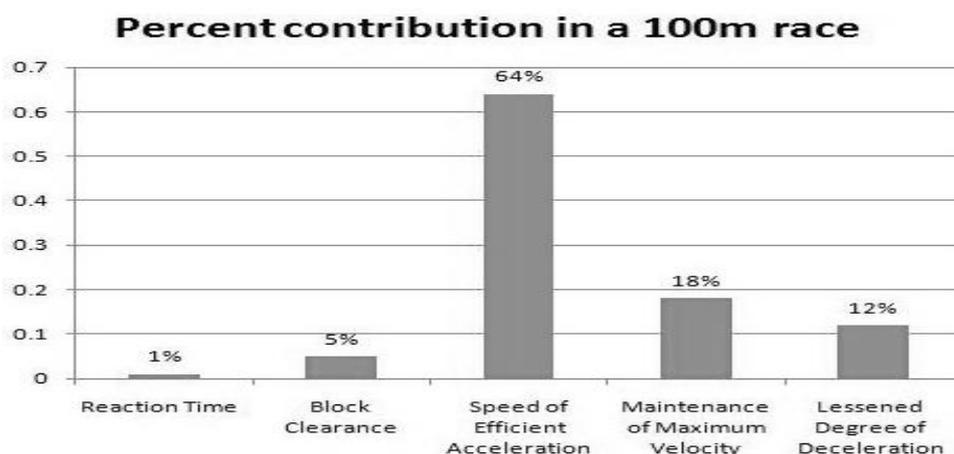


Figura 3: Percentagem da contribuição das diferentes fases dos 100m (Tellez, 2010)

Ao observar os dados (Quadro 2) de todos os últimos recordistas do mundo na prova dos 100m, verifica-se que a grande diferença do resultado final entre Usain Bolt e os demais não está apenas em ser o atleta que alcança a velocidade máxima mais elevada, mas também em ser aquele que apresenta a maior capacidade em retardar a perda de velocidade no tempo.

Quadro 2: Últimos recordistas do mundo nos 100m e tempos parciais no decorrer da prova

	Ben '88	Carl '88	Mo '99	Mo '01	Tím '02	Asafa '05	BOLT '08
RT	0.132	0.136	0.162	0.132	0.104	0.150	0.165
0-10m	1.83	1.89	1.86	1.83	1.89	1.89	1.85
10-20m	1.04	1.07	1.03	1.00	1.03	1.02	1.02
20-30m	0.93	0.94	0.92	0.92	0.91	0.92	0.91
30-40m	0.86	0.89	0.88	0.89	0.87	0.86	0.87
40-50m	0.84	0.86	0.88	0.86	0.84	0.85	0.85
50-60m	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.85	0.82
60-70m	0.84	0.85	0.83	0.83	0.84	0.84	0.82
70-80m	0.85	0.85	0.86	0.86	0.84	0.84	0.82
80-90m	0.87	0.86	0.85	0.89	0.85	0.85	0.83
90-100m	0.90	0.88	0.85	0.91	0.88	0.85	0.90
TIME	9.79	9.92	9.79	9.82	9.78	9.77	9.69

2.2. ANÁLISE TÉCNICA DO MOVIMENTO DE CORRIDA

No *sprint*, as componentes biomecânicas são determinantes no desempenho desportivo. A cinemática, a produção de força e os grupos musculares envolvidos na execução técnica dos movimentos são fundamentais para o resultado final (Komi, 2002).

Todavia, para que estes fatores sejam maximizados, necessitam de ser acompanhados pelo gesto técnico mais adequado à atividade motora em questão. As análises cinemáticas demonstram que existem diferenças significativas na execução técnica dos movimentos entre os velocistas de elite comparativamente com os de nível mediano (Coh et al., 2001; Mero et al., 1992; Seagrave, 1996; Zatsiorsky, 1998).

Não é objetivo deste estudo descrever minuciosamente todos os parâmetros técnicos ou biomecânicos respeitantes às provas de velocidade. Assim, serão caracterizadas e pormenorizadas as variáveis de maior importância na compreensão deste estudo.

2.2.1. Análise técnica da corrida

Um adequado gesto motor assume um papel determinante nas corridas de velocidade. O sucesso nas corridas de velocidade é afetado pela interação de capacidades neuromusculares, técnicas e de ordem metabólica.

Uma técnica de corrida correta permitirá ao atleta aplicar forças no solo de forma apropriada, produzindo elevadas magnitudes de forças na direção adequada, de forma que estas o propulsionem rapidamente, tornando-o mais rápido e mais eficiente nas deslocamentos motoras (Jarver, 1983; Mann, 2011). Tudo isto, aliado a uma interação com as capacidades coordenativas e condicionais, permitirá que o atleta possa maximizar todo o seu potencial.

Na corrida, a alternância entre fases de apoio e vôo é uma das características fundamentais que a distingue da marcha onde se regista uma fase de duplo apoio. Com o objetivo de descrever, identificar e aperfeiçoar os erros técnicos durante a corrida, os pesquisadores repartiram o movimento cíclico do *sprint* utilizando o passo como elemento principal de análise.

Segundo Mann (2011) e Dugan & Bhat (2005), o passo é caracterizado e definido por dois apoios consecutivos de membros inferiores diferentes. Neste ciclo ambos os membros inferiores desempenham alternadamente funções de apoio e balanço. Normalmente é repartido em fase de apoio e fase de suspensão com a fase de separação a ocorrer no preciso instante que o contato com o solo está exatamente na vertical do centro de massa (Schmolinsky, 1992). Estas duas fases estão divididas em várias subfases (Figura 4):

a) Fase de apoio ou impulsão: repartida em três instantes distintos: - instante de recepção do pé (período de tempo desde o impacto do pé até ao suporte do peso corporal, correspondendo à fase de travagem); - fase média do pé

(compreende o período do suporte do peso corporal até a flexão do tornozelo);
- fase da impulsão (período de tempo da flexão plantar do tornozelo até à sua máxima extensão, correspondendo à fase propulsiva); segundo Schmolinsky (1992) esta fase de apoio é tecnicamente correta quando as articulações do tornozelo, joelho e anca alcançam a sua máxima extensão.

b) Fase de suspensão ou balanço: é repartida em três subfases: - movimento de recuperação ou balanço atrás (inicia-se com a decolagem até à máxima extensão da anca); - balanço à frente (do início da flexão da anca até à flexão da mesma); - fase da descida do pé (termina com o contacto do pé no solo); Esta fase é demarcada pelo instante em que ocorre a projeção vertical entre o ponto de apoio ao centro de gravidade. É neste instante que a perna livre passa do movimento de recuperação para o movimento de balanço à frente.

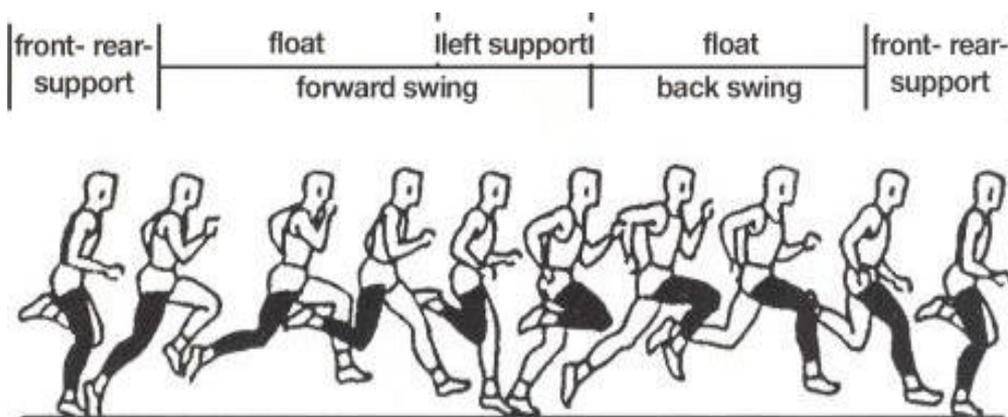


Figura 4: Fases do passo na velocidade (Wiemann & Tidow, 1995)

2.3. PARÂMETROS A CONSIDERAR NAS CORRIDAS DE VELOCIDADE

2.3.1 Parâmetros biomecânicos

Com o objetivo de melhorar o desempenho dos seus atletas de velocidade, os treinadores precisam de compreender quais os fatores da corrida importantes para a prestação competitiva. Os fatores determinantes mais rotineiramente citados na literatura são a amplitude e a frequência de passo (Bosco & Vittori, 1986; Mero et al., 1992).

Na generalidade, os estudos efectuados centram-se principalmente na cinemática do movimento, com o recurso à análise conjugada de variáveis como os deslocamentos lineares e angulares, parâmetros temporais e a determinação da velocidade e aceleração através dos deslocamentos em função do tempo (Atwater, 1982; Bosco & Vittori, 1986; Brughelli et al., 2011; Coh et al., 2001; Delecluse et al., 2008; Kyrolainen et al., 2001; Mero et al., 1992; Slawinski et al., 2010). Para que se compreenda a causa da variação dos parâmetros cinemáticos torna-se necessário recorrer a parâmetros complementares que possam fundamentar as causas da diferença de velocidade entre os atletas. Para tal é importante recorrer a observações que incluam parâmetros dinamométricos. A partir do estudo das forças de reação do solo (GRF), com o auxílio de uma plataforma de forças, analisam-se os impulsos verticais e horizontais (Brughelli et al., 2011; Hunter et al., 2005; Mann, 1981; Nummela et al., 2007; Slawinski et al., 2010). As informações obtidas destas observações e análises são de elevada importância para treinadores e investigadores, de forma a procurar meios e métodos que auxiliem o aumento do desempenho competitivo. Em menor número são os estudos com a utilização e monitorização através da EMG (eletromiografia), caracterizando temporalmente a ativação dos grupos musculares durante o *sprint* (Mero & Komi, 1987; Nummela et al., 1994; Wiemann & Tidow, 1995). Outro dos parâmetros onde as investigações são reduzidas é na área da antropometria e qual a relação do *sprint* com dimensões e características inerciais (Uth, 2005).

Do ponto de vista do modelo determinístico observado na Figura 5, observa-se que a velocidade é um produto da frequência pela amplitude de

passo. No entanto, estas variáveis são determinadas pela magnitude e duração da aplicação da força expressa pela entidade física denominada de impulso.

A força será provavelmente o fator de maior importância na velocidade de execução dos movimentos (Kraemer, 2002; Verkoshansky, 2002; Young, 1995). O que não é aparentemente claro, é qual a direção da força e suas magnitudes que têm um papel determinante no *sprint*.

Quais os parâmetros que distinguem os mais rápidos dos mais lentos tanto na corrida normal como com aparelhos resistidos? Apesar da vasta utilização de meios especiais, na velocidade, como em outras modalidades, pouco se sabe acerca da efetiva adequação destes ao desenvolvimento da força específica requerida na velocidade e do aprimoramento efetivo das variáveis consideradas determinantes nas corridas de velocidade. Com estudos sobre as variáveis cinemáticas (Clark et al., 2010; Harrison & Bourke, 2009; Kafer et al., 1994) e suas consequências no rendimento competitivo, urge investigar os meios especiais mais utilizados pelos atletas de velocidade no treino e compreender quais as consequências no rendimento competitivo provocadas pelas alterações das variáveis dinamométricas e cinemáticas.

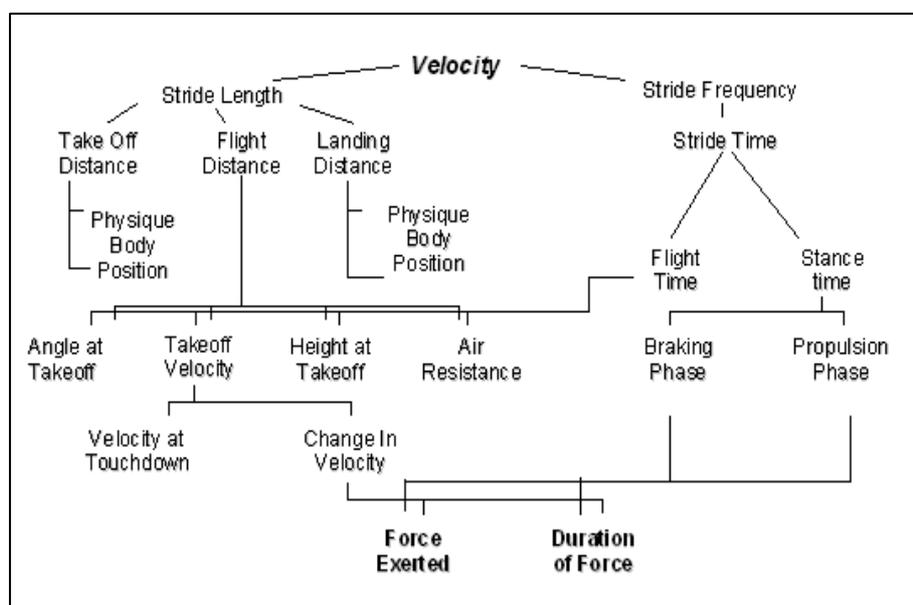


Figura 5. Modelo Determinístico da Velocidade (Hay 1993)

2.3.2. Parâmetros cinemáticos

Para uma correta determinação e caracterização do movimento nas corridas de velocidade são utilizados vários meios cinemáticos (Quadro 3) que permitem a aferição precisa dos deslocamentos lineares, angulares, das variáveis temporais e da medida das velocidades e acelerações (Watkins, 2007).

Quadro 3: Variáveis Cinemáticas (Watkins, 2007)

Deslocamentos lineares e angulares		
Amplitude	Oscilação do centro de massa	Inclinação do tronco
Variáveis temporais		
Frequência	Tempo de apoio	Tempo de vôo
Velocidades e acelerações		
Velocidade horizontal do centro de massa	Velocidade vertical do centro de massa	Velocidade angular

Se ocorrer um aumento da frequência e/ou amplitude de passo sem que haja diminuição no outro parâmetro, haverá um incremento no desempenho desportivo (Dintiman, 1997).

Em estudos onde os mesmos sujeitos correram a diferentes velocidades, quer a frequência, quer a amplitude de passo, aumentaram com o incremento da velocidade (Luhtanen & Komi, 1980). Este incremento é linear até aos 7m/s. Com velocidades superiores é registado um menor incremento na amplitude e um maior incremento na frequência de passo.

Diferentes autores sugerem que em velocidade máxima, a frequência de passo tem um papel mais determinante que a amplitude de passo (Bosco &

Vittori, 1986; Kuitunen et al., 2002; Luhtanen & Komi, 1980). Por outro lado, há autores (Brughelli et al., 2011; Delecluse, 1997; Delecluse et al., 2008) que sugerem que a amplitude de passo exerce um papel mais decisivo.

Estes fatores estão intimamente relacionados ao biotipo do atleta. O Quadro 4 destaca dois atletas da elite mundial. Usain Bolt é tipicamente um atleta que tem a amplitude de passo acima do usual. Já Tyson Gay distingue-se pelas elevadas frequências de passo.

Quadro 4. Médias da Amplitude e Frequência de Passo dos Dois Primeiros Classificados no Campeonato do Mundo de 2009 nos 100m (Butler, 2009)

Bolt Usain	JAM	9,58		Averaged Steplength	Averaged Stepfrequency
			dt	dl	df
		[s]	[s]	[m]	[1/s]
reaction time	0,146	No. of steps:		40,92	
0-20m	2,74	2,89	1,78	3,89	
20-40m		1,75	2,52	4,54	
40-60m		1,67	2,67	4,49	
60-80m		1,61	2,77	4,49	
80-100m		1,66	2,85	4,23	

Gay Tyson	USA	9,71			
reaction time	0,14	No. of steps:		45,94	
0-20m	2,78	2,92	1,63	4,20	
20-40m		1,78	2,25	5,00	
40-60m		1,69	2,42	4,88	
60-80m		1,63	2,48	4,94	
80-100m		1,69	2,36	5,02	

2.3.2.1. Frequência de passo

A frequência de passo consiste no número de passos executados por unidade de tempo, sendo um dos parâmetros mais utilizados nas corridas de velocidade. São múltiplas as variáveis que influenciam a frequência de passo (Figura 6). Porém, a capacidade do sistema nervoso central, a frequência de disparo dos impulsos nervosos para estimular as fibras musculares, o tipo de fibras musculares e o comprimento dos membros inferiores, parecem ser os parâmetros mais importantes nesta componente cinemática (Mero & Komi, 1986; Seagrave, 2009).

Quanto maior o número de fibras rápidas, maior a frequência de passo. Por outro lado, quanto menor o comprimento dos membros inferiores, maiores probabilidades de os atletas apresentarem altos valores da frequência de passo.

Velocistas menores normalmente apresentam mais possibilidades de vitórias em distâncias curtas. O oposto acontece em distâncias mais longas (Coh et al., 2001). Assim, atletas com altos valores de frequências de passo alcançam valores acima de 4,6 passos por segundo (Garcia Manso, 1998), por outro lado os mais lentos apresentam frequências na ordem dos 4,0 a 4,2 passos por segundo.

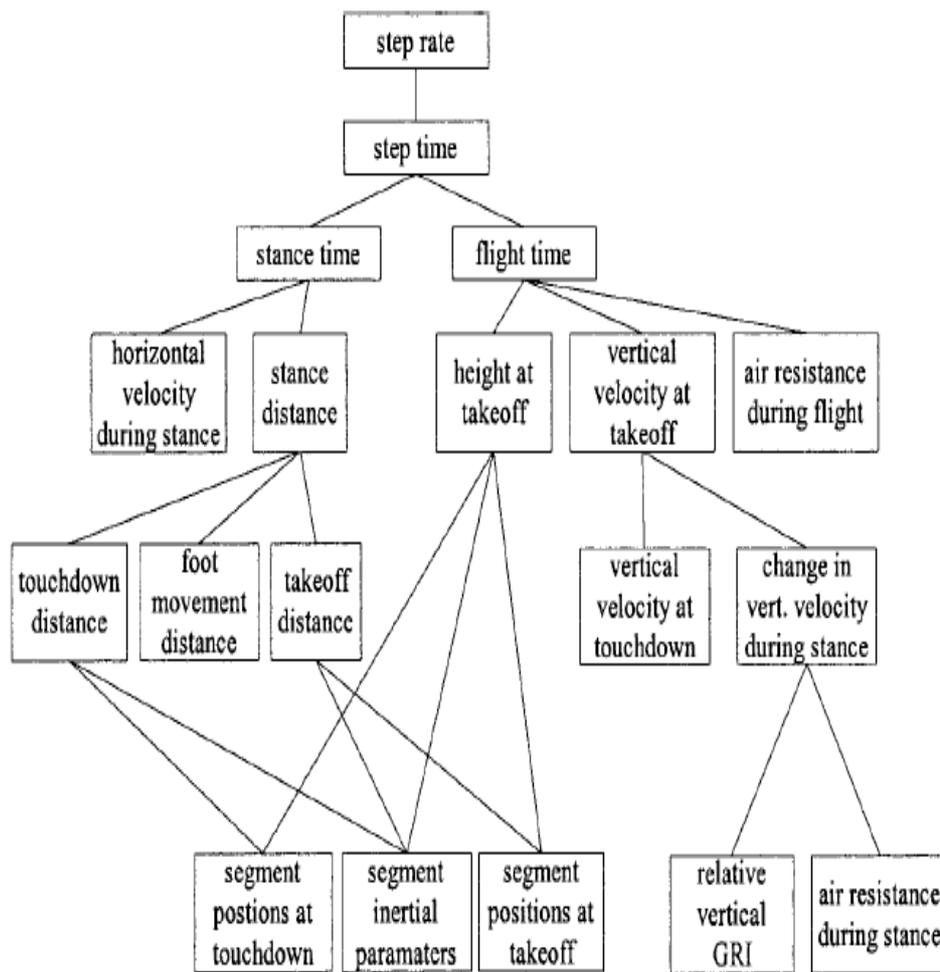


Figura 6. Determinantes da Frequência de Passo (Hay 1993)

2.3.2.2. Amplitude de passo

A estimativa do comprimento de passo é uma referência importante em áreas como o treino desportivo e a análise de marcha.

A amplitude de passo é o resultado da potência que o velocista consegue exercer durante o período de contato do apoio no solo (Zatsiorsky, 1998).

A melhor forma de aumentar esta amplitude, ao contrário do que se pensa, não é simplesmente alterar o parâmetro técnico. Faz-se necessário aumentar a capacidade de produzir mais força explosiva na fase propulsiva do apoio do pé.

Segundo Nummela et al. (2007), o aumento da amplitude de passo está relacionado ao incremento da força propulsiva horizontal ($r=0.73$) e da força vertical ($r=0.58$). Estes resultados sugerem que o mecanismo utilizado pelos atletas para alcançarem maior amplitude de passo parece passar pelo aumento da força aplicada no tempo durante o apoio.

Um erro frequentemente realizado por atletas é o de tentar forçar este aumento de amplitude, provocando um posicionamento do pé no ataque ao solo muito à frente do centro de massa, criando assim um aumento das forças de travagem.

Segundo Hay (1993) a amplitude de passo é constituída por 3 fases (Figura 7):

a) Distância de impulsão (takeoff distance):

distância horizontal do extremo anterior do pé no instante de saída, à vertical do centro de massa na fase propulsiva do movimento. Esta distância é maior na aceleração devido à inclinação do corpo e menor na fase de velocidade máxima, onde a inclinação do corpo é quase nula e o apoio é efetuado abaixo do centro de massa;

b) Distância do Vôo (flight distance):

distância horizontal do centro de massa no intervalo de tempo que o corpo está no ar. As distâncias de vôo são menores na aceleração e aumentam durante a fase de velocidade máxima (Atwater, 1982).

c) Distância de recepção (touchdown distance) :

distância horizontal do centro de massa ao extremo anterior do pé no instante da aterrissagem. Na fase de velocidade máxima, esta distância horizontal deve ser mínima. Trata-se de um indicador técnico importante, pois permite que a fase de travagem seja diminuída (Dugan & Bhat, 2005; Mero et al., 1992).

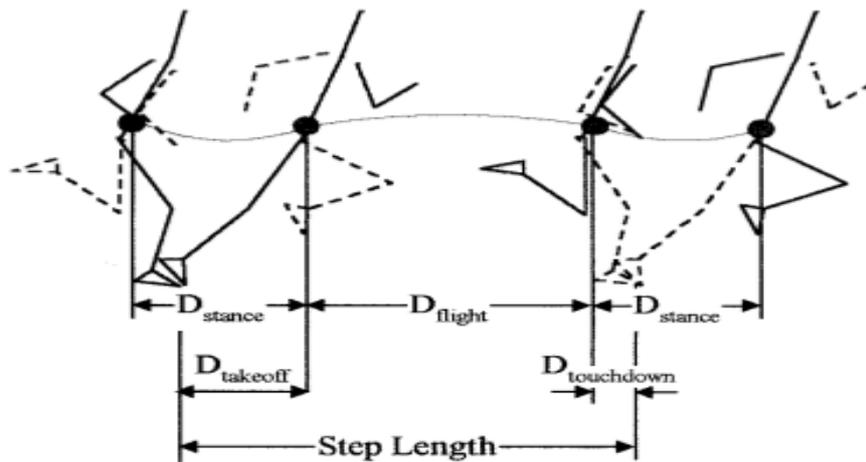


Figura 7: Fases da Amplitude de Passo (Hunter et al., 2004)

As variáveis que influenciam a amplitude de passo são diversas (Figura 8). No entanto, segundo Hay (1993), o fator determinante é a capacidade de produção de forças de reação do solo no tempo, nomeadamente os impulsos verticais e horizontais (Cronin & Sleivert, 2005; Hunter et al., 2005; Kawamori et al., 2013; Morin et al., 2012; Weyand et al., 2000).

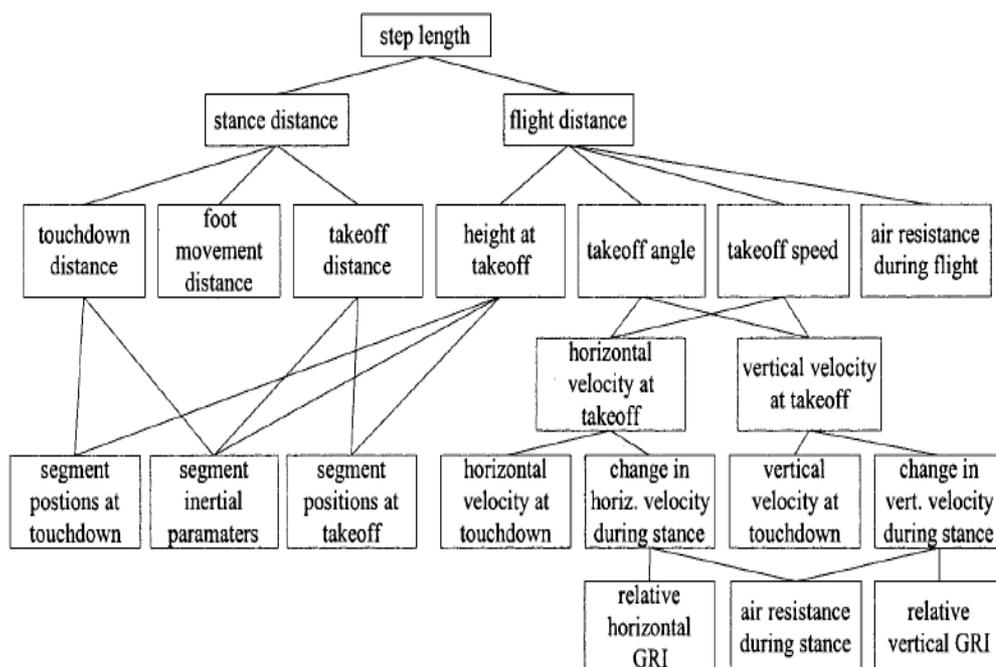


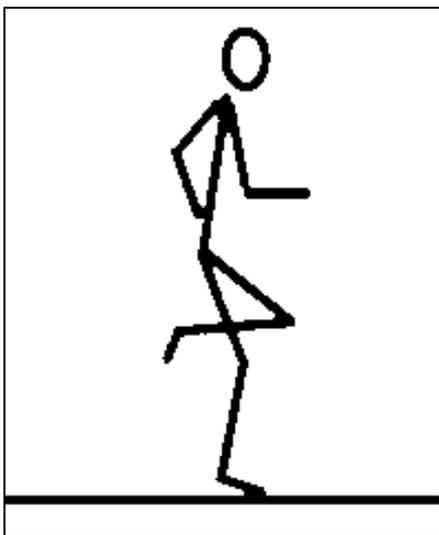
Figura 8. Determinantes da Amplitude de Passo (Hay 1993)

2.3.2.3. Tempo de apoio e tempo de vôo

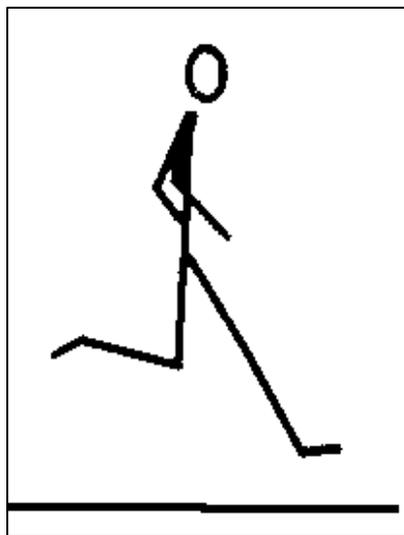
O tempo de apoio, também denominado stance phase (Figura 9), inclui a totalidade de tempo em que o pé do atleta está em contacto com o solo. Novacheck (1998) observou uma relação inversamente proporcional entre o aumento da velocidade e o tempo de apoio no solo em atletas de elite.

A habilidade de aplicar forças durante o apoio do pé no solo é um parâmetro crítico nas corridas de velocidade (Schiffer, 2011). Esta fase deve ser o mais curta possível, com um ótimo rácio entre as forças de travagem e as forças propulsivas (Ciacci et al., 2010; Coh & Tomazin, 2005; Morin et al., 2011). Weyand et al. (2000) demonstraram que os atletas mais velozes consistiam naqueles que aplicavam mais força no solo, com tempos de apoio mais reduzidos.

A fase do apoio no pé na aceleração ocorre atrás da projeção do centro de massa, devido à inclinação anterior do corpo. Na fase de velocidade máxima é recomendado que seja realizada por forma a coincidir com a projeção vertical do centro de massa do atleta, minimizando o efeito de travagem.



Tempo de apoio



Tempo de vôo

Figura 9: Instante da fase do tempo de apoio e vôo (Track & Field, 1996)

O tempo de vôo (flight time) é a quantidade de tempo em que o velocista não está em contacto com o solo. Em atletas de elite, a sua duração é frequentemente mais elevada do que a do tempo de apoio, de acordo com o observado na Figura 10 (113 ms versus 80 ms) (Bergamini et al., 2012).

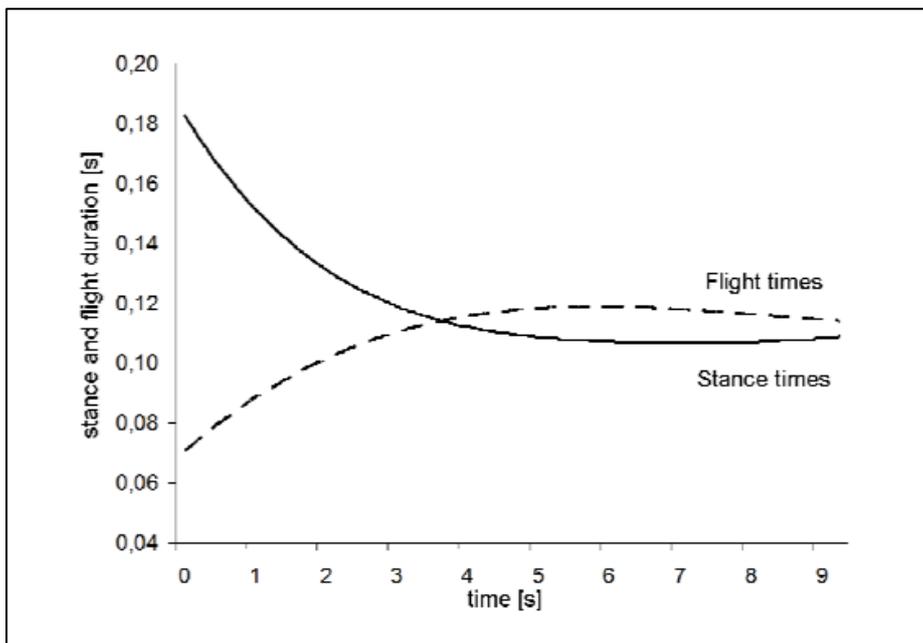


Figura 10: Relação Tempo de Apoio e de Vôo nos 100m (Bergamini et al., 2012)

Normalmente, o tempo de vôo apresenta uma relação diretamente proporcional ao aumento da velocidade ao longo da prova, sendo determinado pela amplitude de passo, velocidade da projeção do centro de massa e velocidade de movimento da perna livre (Brughelli et al., 2011; Cissik, 2004a).

2.3.2.4. Oscilação vertical do centro de massa

A variação vertical da posição do centro de massa corresponde à diferença entre a altura máxima e a mínima no decorrer do ciclo de passo. Esta variação pretende-se mínima, produzindo assim uma diminuição do tempo total do ciclo de passo na fase de velocidade máxima (Ito et al., 1983).

Cavagna et al. (1971) e Luhtanen & Komi (1980) observaram que em velocistas de elite, a elevação do centro de massa está inversamente relacionada com a velocidade, evidenciando que velocistas de elite têm uma

oscilação vertical de 10,9 cm à velocidade de 3,9 m/s e de 6,7cm à velocidade de 9,3 m/s. Mero et al. (1992), num estudo realizado posteriormente, verificaram que atletas de elite, atletas de nível médio e fracos tinham oscilações verticais diferenciadas na ordem de 0.047, 0.050 e 0.062m. Estas diferenças podem significar a existência de um melhor posicionamento da anca por parte de atletas de elite e de um maior ângulo na articulação do joelho. Consequentemente, estas diferenças podem originar um menor tempo de amortecimento na fase do apoio do pé (Mann, 2011), gerando, através das propriedades elásticas musculares, um melhor aproveitamento das forças de reação do solo.

2.3.2.5. Inclinação do tronco

O posicionamento do tronco é considerado por Mann (2011) um parâmetro fundamental na produção de um movimento eficiente. Esta é determinada pelo ângulo constituído pelo segmento tronco com a vertical.

É na primeira fase da aceleração que são alcançados os valores mais elevados da inclinação do tronco (Atwater, 1982). Durante a fase de velocidade máxima, atletas de elite diminuem a inclinação do tronco, ficando com este praticamente erecto (Atwater, 1982). Esta posição permite amplitudes de movimento elevadas, facilitando os mecanismos de ação dos membros inferiores (Cissik, 2004b).

2.3.3. Parâmetros dinâmicos

Afim de verificar os determinantes das variáveis que promovem a distinção entre atletas mais rápidos e mais lentos, normalmente recorre-se a meios e métodos tecnológicos mais avançados, como é o caso da dinamometria.

As plataformas de forças são utilizadas para a medição das forças de contacto entre o solo e pé, denominadas forças de reação do solo (GRF). Informações desta natureza podem ser utilizadas para quantificar forças propulsivas e de travagem, a taxa de produção de força no decorrer do tempo, além de registar diferenças existentes no centro de pressão.

Em estudos sobre a corrida de velocidade, a análise das GRF geradas nos planos mais relevantes na corrida (Hunter et al., 2005) são a força horizontal ou antero-posterior (F_y) e força vertical (F_z). A menos observada é a força médio-lateral (F_x), devido à sua grande intra e inter-variabilidade (Munro et al., 1987).

2.3.3.1 Forças de reação do solo

A aceleração do centro de massa de um corredor de velocidade é determinado por três forças externas: forças de reação do solo; força gravitacional; e resistência do ar. Destas três forças externas, as GRF constituem aquelas sobre as quais o atleta apresenta maior influência (Hunter et al., 2005).

Assim, o fator que permite ao atleta promover um aumento da sua velocidade horizontal é o incremento da aplicação da força num curto espaço temporal. Esse incremento só pode ser efetivado no decorrer do tempo de apoio, uma vez que na fase aérea não é possível acelerar o corpo. Assim, a qualidade da fase de apoio do pé no solo é um parâmetro crítico nas corridas de velocidade (Schiffer, 2011).

Uma efetiva fase de apoio do pé no solo deve ser caracterizada por pequenas forças negativas ou de travagem, e grandes forças positivas ou propulsivas.

A literatura especializada apresenta diferentes hipóteses acerca das possibilidades de aumento da velocidade de corrida, recorrendo a um maior aproveitamento das forças de reação do solo (GRF), além dos meios e métodos que contribuem para atingir esse objetivo (Hunter et al., 2005).

2.3.3.2. Força vertical

Uma curva típica da componente vertical das forças de reação do solo obtida a partir de uma corrida na plataforma de forças é apresentada na Figura 11.a.

O primeiro pico da curva corresponde ao impacto da extremidade posterior do pé no solo (Novacheck, 1998) é denominada na literatura de força

passiva. Em velocistas, espera-se que este pico seja diminuto ou que não exista (fig.11.b). É sinónimo de que a fase de apoio do pé foi realizada com a parte anterior do mesmo.

O segundo pico é mais forte, de duração superior e corresponde ao final da fase de desaceleração e ao início da fase de aceleração. Este pico ocorre devido às forças ativas presentes no movimento (Novacheck, 1998).

a) Corrida Normal

b) *Sprint*

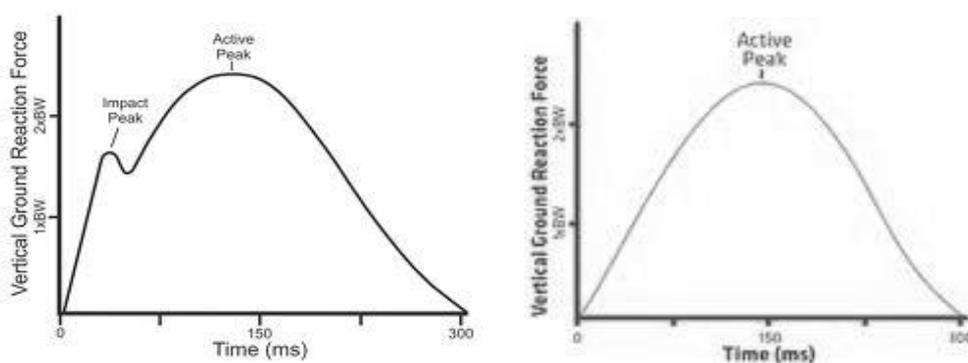


Figura 11. - Curvas verticais na corrida normal e sprint (adaptado de Novacheck, 1998)

Weyand et al. (2000) reportaram que o principal mecanismo utilizado por atletas para alcançarem maiores velocidades é o aumento da produção de força vertical. Estes autores, através de uma equação regressiva, demonstraram que em máxima velocidade, as forças aplicadas para vencer a gravidade eram 1,26 vezes superiores em atletas mais rápidos comparativamente a atletas mais lentos. Ainda no mesmo estudo, ao comparar os mesmos atletas a diferentes velocidades, os autores encontraram diferenças significativas na produção de força vertical.

Munro et al. (1987) observaram que à medida em que existe um aumento da velocidade, o pico da força vertical relativo ao peso corporal apresenta um crescimento de 1.40 ± 0.11 para 1.70 ± 0.08 do peso corporal. Semelhante resultado foi observado por Nigg et al. (1987), ao relatarem um aumento significativo da força vertical (1331 ± 225 N para 2170 ± 489 N), ao variar a velocidade dos 3 m/s para 6 m/s.

Por sua vez, Arampatzis et al. (1999) reportaram um aumento na produção de força vertical, embora sem apresentar resultados na mudança de velocidade de 2.5 para 6.5 m/s. De forma semelhante, Kyrolainen et al. (2001) observaram alterações de 1665 ± 219 para 2134 ± 226 N na produção de força vertical com o aumento da velocidade de 3.45 para 8.25 m/s.

O impulso vertical na aceleração, segundo Hunter et al. (2005), deve ter magnitude suficiente relativamente ao peso corporal do atleta, de forma a que este tenha o tempo necessário para a reposição do membro inferior durante o ciclo de passo. Caso exceda essa magnitude, os seus efeitos podem ser nefastos para o desempenho.

Estas variadas investigações sustentam o fato de que o aumento da velocidade é provocado pelo incremento da produção de força vertical.

2.3.3.3. Força horizontal ou antero-posterior

A curva da força horizontal obtida pela plataforma de forças é apresentada na Figura 12. Nela, são possíveis definir duas fases: a) fase de travagem - ocorre no início do apoio, onde a força exercida é no sentido oposto ao deslocamento. Apresenta um traçado gráfico negativo e contraria o movimento da corrida; b) fase propulsiva – tem início quando a força passa de negativa a positiva prolongando-se até ao instante final do apoio. É graficamente positiva e o seu sentido auxilia o movimento da corrida (Brughelli et al., 2011; Hunter et al., 2005; Kawamori et al., 2013; Luhtanen & Komi, 1978; Munro et al., 1987).

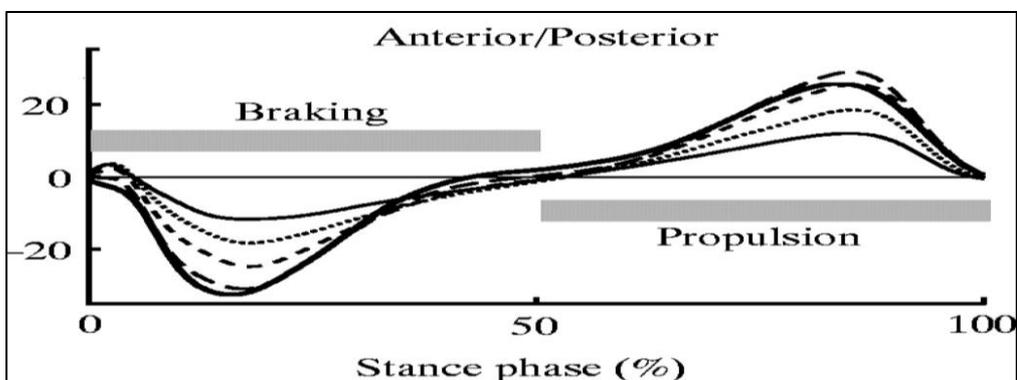


Figura 12: Curva de Força Antero-posterior ou Horizontal (Payton & Bartlett, 2008)

Alguma literatura parece apontar para o aumento das forças horizontais como fator determinante para o aumento da velocidade máxima (Brughelli et al., 2011; Hunter et al., 2005; Kawamori et al., 2013; Nummela et al., 2007), sugerindo que as forças propulsivas devam ser superiores às forças de travagem.

Sabe-se que na fase de aceleração, as forças de travagem são reduzidas comparativamente às propulsivas (Mero & Komi, 1986; Morin et al., 2011; Sleivert & Taingahue, 2004). Todavia, na fase de velocidade máxima, as forças de travagem são temporalmente elevadas, atingindo pouco menos que metade do tempo de apoio (Mero & Komi, 1986).

Os autores acima citados sugeriram que a diminuição da fase de travagem provocaria um aumento da velocidade horizontal. No entanto, embora careça de evidências científicas, a teoria de Cavagna et al. (1971) continua a prevalecer, ao considerar que a fase de travagem pode ser relevante para o desempenho. Em causa está o papel do ciclo alongamento encurtamento (CAE) e as propriedades elásticas do músculo durante o apoio.

Durante a fase de aceleração do *sprint*, a fase de apoio é determinada principalmente pela componente propulsiva, com uma força mínima de travagem no apoio (Mero & Komi, 1986; Sleivert & Taingahue, 2004). Na fase de máxima velocidade, a componente de travagem ocupa aproximadamente 43- 44% da duração da fase de apoio (Ciacci et al., 2010; Mero & Komi, 1986).

Hunter et al. (2005) apenas encontrou correlação no aumento da velocidade da extensão da anca com a fase propulsiva.

No que diz respeito à minimização das forças de travagem, a estratégia sugerida passa por: a) realizar um apoio ativo a alta velocidade (Hay, 1993; Mann, 2011); b) diminuir a distância de recepção (Mero et al., 1992); e c) produzir uma elevada velocidade angular do joelho da perna livre (Mann, 2011). Relativamente a estas sugestões foram encontradas correlações estatisticamente significativas entre a utilização do apoio mais ativo e a

diminuição da distância de recepção com a redução dos valores das forças de travagem (Hunter et al., 2005).

No que respeita à literatura sobre o fator determinante nos *sprints* ser a produção da força horizontal diferentes autores apresentam resultados interessantes sobre o tema. Hunter et al. (2005) utilizaram uma regressão linear múltipla e concluíram que 61% da variação de velocidade seria justificada pela produção dos impulsos horizontais. Nummela et al. (2007) observaram um crescimento linear na passagem da velocidade dos 5m/s para a velocidade máxima uma importante correlação ($r=0.66$) entre a velocidade máxima e a produção de forças horizontais. Munro et al. (1987) verificaram que os impulsos propulsivos, normalizados ao peso corporal, aumentaram 79% com o aumento da velocidade de 3.0m/s para 5.0m/s. Também Kyrolainen et al. (2001) observaram alterações nas GRF com o incremento da velocidade de 3.45 para 8.25 m/s. O aumento na produção de força horizontal foi na ordem dos 175% e de apenas 30% na força vertical. Kuitunen et al. (2002) reportaram que a produção de força vertical manteve-se constante entre os 70-100% da velocidade máxima, ao evidenciarem uma alteração da velocidade de 40% para 100% do máximo da velocidade de cada atleta, observou um aumento de 102.1% na produção da força horizontal. Quanto à força vertical, os valores mantiveram-se constantes após o aumento de 60% até à velocidade máxima. Recentemente, Morin et al. (2012) mostraram que a magnitude da força horizontal relativa ao peso corporal estava altamente correlacionada com o desempenho competitivo nos 100m.

Estes estudos sugerem que a produção de força horizontal parece ser mais importante que a produção de força vertical no desenvolvimento da velocidade.

Neste sentido, seria importante a utilização de exercícios que objetivassem o aumento das forças horizontais. Este é um dos aspectos centrais mas que rotineiramente não é contemplado nas sessões de treino de força. O tipo de trabalho normalmente utilizado destina-se à solitação da musculatura dos membros inferiores principalmente no aumento de produção de forças verticais (Brughelli et al., 2011; Holm et al., 2008).

2.4. MEIOS E MÉTODOS DE PREPARAÇÃO DESPORTIVA

2.4.1. Classificação dos exercícios

O plano de preparação e periodização do atleta deve ser realizado de forma consciente e orientada, utilizando diferentes meios e métodos, de acordo com as necessidades do atleta e com o propósito dos objetivos propostos.

A grande maioria dos exercícios utilizados na preparação dos atletas de velocidade é composta por exercícios onde estão incluídas especificidades do gesto motor que irá ser praticado no decorrer da prova (Bompa, 1999; Garcia Manso et al., 1996). Porém, existem períodos da preparação em que tal especificidade não acontece, sendo a variação dos exercícios dependente do período em questão e da fase de preparação dentro do macrociclo do atleta (Matveev, 2001).

Além da seleção, outro parâmetro a considerar é a classificação dos exercícios a escolher. Esta varia de acordo com a semelhança dos parâmetros cinemáticos e dinâmicos das ações motoras que são solicitadas no exercício físico, comparativamente às ações executadas durante a atividade competitiva (Gomes, 2002).

A classificação dos exercícios diverge entre diferentes autores especializados na área. Assim, seguir-se-á a terminologia utilizada por Harre & Barsch (1982), que denomina o tipo de exercício em: geral, competitivo e especial.

2.4.1.1. Exercício geral

A melhoria dos níveis de capacidade funcional do organismo do atleta dependem em grande parte da utilização deste tipo de exercícios. Não é necessário que o exercício trabalhe especificamente algum dos parâmetros fundamentais da atividade competitiva. Contudo, selecionar meios que possam contribuir para o desenvolvimento das qualidades que têm um significado dominante na modalidade escolhida é de fundamental importância (Gomes, 2002).

Para Verkhoshansky & Siff (2000) estes exercícios devem proporcionar um condicionamento equilibrado de resistência, força, velocidade e flexibilidade, além de outros determinantes básicos da forma física. Assim, a preparação deve conter uma variedade de atividades físicas que ofereçam um condicionamento completo de baixa intensidade, no qual a solicitação das habilidades técnicas desportivas específicas ao desporto em questão não são um requisito determinante.

Nas idades jovens, a multilateralidade deve ser requisito prioritário. Como tal, o recurso a estes exercícios é realizado frequentemente. Já em atletas de elite, a utilização destes exercícios é reduzida e tem como objetivo elevar a condição física inicial do atleta.

2.4.1.2. Exercício competitivo

É uma atividade motora integral, realizada segundo as regras da modalidade desportiva e dirigida com o objetivo da execução do ato motor praticado na competição.

2.4.1.3. Exercício especial

O aumento da capacidade de se tornar mais veloz não é apenas um objetivo dos treinadores e atletas das provas de velocidade, mas sim um pré-requisito para o sucesso em diversos desportos. Devido à sua importância e complexidade, o desenvolvimento desta capacidade parte da utilização de diferentes métodos e meios, embora ainda permaneça pouco claro quais os benefícios biomecânicos, neuromusculares e fisiológicos que são induzidos por este tipo de exercícios especiais, bem como qual a sua eficácia no desenvolvimento da prestação competitiva (LeBlanc & Gervais, 2004).

É importante considerar que a especialização é um princípio fundamental no aperfeiçoamento de qualquer capacidade. Na procura de um melhor desempenho desportivo, o recurso a exercícios especiais representa o principal meio que influi nas progressões dos resultados desportivos (Gomes, 2002).

Os exercícios especiais cumprem um dos princípios fundamentais do treino, o da especificidade, em que rege a existência de similaridade entre o exercício realizado no treino e a especificidade do movimento executado no desempenho competitivo (Verkhoshansky & Siff, 2000). Estes exercícios representam a modelagem seletiva dos componentes da atividade competitiva (Matveev, 2001) e são de grande importância na preparação especializada do atleta. Devido ao baixo nível de condição física nas etapas iniciais de preparação, a utilização destes exercícios permite a possibilidade de modelagem de alguns parâmetros fundamentais da atividade competitiva (Gomes, 2002), tornando acessível a realização do exercício.

Verkhoshansky (2002) considera que os exercícios específicos fazem parte da programação e organização do treino do desporto em questão. É necessário destacar que os exercícios preparatórios especiais não são idênticos aos exercícios competitivos, mas devido às suas características, aproximam-se paulatinamente dos competitivos.

Diferentes métodos e meios de treino podem ser utilizados para a realização de exercícios especiais. Dentre esses métodos, os exercícios resistidos e assistidos, ambos bastante utilizados nas populações adultas (Clark et al., 2010; Cronin & Hansen, 2006; Kafer et al., 1994; Lockie et al., 2003; Spinks et al., 2007; Zafeiridis et al., 2005), têm como objetivo principal o desenvolvimento dos parâmetros específicos que manipulam diretamente o aumento da velocidade (Cissik, 2004a). Alguns destes métodos e meios serão detalhados a seguir.

2.4.1.3.1. Treino resistido

O treino resistido consiste na aplicação de um meio de resistência adicional, enquanto o atleta procura alcançar a sua máxima velocidade. São exemplos de treino resistido: arrastos de trenós; arrasto de paraquedas; cintos ou coletes lastrados; corridas na areia; corridas em rampas (Faccioni, 1994; Jakalski, 1998a; Sheppard, 2004; Young, 2001). No treino assistido, o atleta é forçado a correr a uma velocidade superior à sua velocidade máxima,

obrigando-o a aumentar a sua frequência de passo e produção de energia elástica (Cissik, 2005) como é o caso de *sprints* em declive, a favor do vento, com o recurso a elásticos ou em um tapete rolante a alta velocidade.

Segundo Alcaraz et al. (2008), o resultado da escolha do meio a utilizar no treino resistido tem efeitos distintos. Se a resistência adicional selecionada como meio for o colete lastrado, a força do engenho é direcionada verticalmente. Se a opção consistir na utilização de paraquedas, a resistência é direcionada horizontalmente e para trás. Em último caso, se a escolha for a realização de *sprint* com trenó, a resistência será direcionada para baixo e para trás (Figura 13).

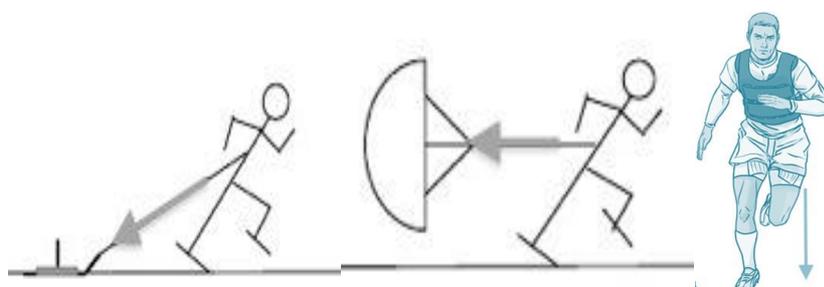


Figura 13: Direção da Resistência com Diferentes Meios Resistidos

Estas diferenças na direção da resistência e as respetivas adaptações mecânicas do atleta são, segundo Cronin & Hansen (2006), características que recomendam diferentes meios resistidos para a fase de aceleração e a fase de velocidade máxima. Do ponto de vista cinemático, pela evidência de que na aceleração, a inclinação anterior do tronco deve ser mais acentuada, o tempo de apoio ser mais longo e a amplitude de passo inferior, alguns autores (Cronin & Hansen, 2006) propõem a utilização dos *sprints* em aclive para a aceleração e Lockie et al. (2003) sugerem a utilização dos arrastos com trenó com uma carga de 32,5 % do peso corporal ser especificamente útil no desenvolvimento da ação dos membros superiores na aceleração.

Já para ganhos de velocidade máxima, o meio selecionado diverge entre os investigadores, Alcaraz et al. (2008) sugerem o arrasto com trenó com cargas baixas, já Cronin & Hansen (2006) e Alcaraz et al. (2008) os coletes e

cinturões lastrados e Tabachnik (1992) defende a utilização do paraquedas de velocidade.

Outros autores (LeBlanc & Gervais, 2004; Letzelter et al., 1995; Lockie et al., 2003; Paradisis et al., 2009) propõem hipóteses diferentes das apresentadas acima. Colocam a hipótese que os meios assistidos são mais adequados para a fase da velocidade máxima, pois estes colocam grande ênfase na fase de recuperação do passo, aumentando assim a frequência do mesmo, ao mesmo tempo que mantém a amplitude e o tronco com pouca inclinação (requisito técnico na utilização dos métodos assistidos). Delecluse (1995b) afirma que devido à especificidade muscular requerida nas diferentes fases de corrida, os exercícios podem ser efetivos para uma, mas não para duas fases.

Para entender a utilização dos métodos resistidos, faz-se necessário compreender o efeito do tipo de carga a transportar e o tipo de alteração cinemática e dinamométrica passível de ocorrência, mediante a seleção do meio utilizado no treino resistido. Para se ter um exemplo desta afirmação, estudos observaram que o treino com arrasto de trenó provoca alterações cinemáticas na passada em adultos (Letzelter et al., 1995; Lockie et al., 2003; Maulder et al., 2008).

a) Arrastos de trenó

Este é o meio mais utilizado no treino resistido (Cissik, 2004a; Faccioni, 1994; Hrysomallis, 2012; Tabachnik, 1992) e consiste na utilização de um pequeno trenó amarrado a uma corda, que se encontra presa a um arnês, que o atleta coloca na cintura ou nos ombros.

Para a utilização deste meio podem ser empregados vários tipos de cargas, dependendo do nível de resistência que se pretende alcançar. Já a aplicação do ponto de fixação, Alcaraz et al. (2008) afirmam que quanto mais baixo o ponto de fixação, maior a força exercida na direção horizontal. Paulson & Braun (2011) refere ainda que em caso de o ponto de fixação ser sustentado pelos ombros, o mesmo provocará uma superior inclinação do tronco.

Faccioni (1995), baseado em observações realizadas por treinadores, refere que a sobrecarga neste ponto de estabilização no atleta pode favorecer o desenvolvimento da musculatura estabilizadora do tronco. Com isso, há ganhos em termos de alinhamento pélvico, que posicionará adequada e mecanicamente os membros inferiores, refletindo no incremento do rendimento do atleta no *sprint*.

Os benefícios e as adaptações resultantes da utilização destes exercícios a curto e longo prazo não estão bem esclarecidos na literatura científica, quer cinemática, quer cineticamente. A caracterização das alterações registada foi resultado de observações transversais, nas quais foram detetadas transformações cinemáticas num tipo de população pouco experimentada com a utilização destes meios (Cronin & Hansen, 2006; Lockie et al., 2003; Zafeiridis et al., 2005). Todavia, poucos investigadores exploraram parâmetros dinamométricos que podem distinguir os mais rápidos dos mais lentos em atletas jovens e treinados.

Apesar de nenhum estudo a curto ou médio prazo ter sido realizado com atletas de velocidade, estudos com atletas de outras modalidades foram realizados. Zafeiridis et al. (2005), em estudo que decorreu ao longo de 8 semanas com 22 estudantes do curso de Educação Física, pretenderam observar quais os efeitos do uso de arrastos com trenó na fase de aceleração e de máxima velocidade. O grupo com arrastos melhorou significativamente o tempo e a frequência de passo na fase entre os 0-20 metros. Já o grupo controle aumentou a amplitude de passo e melhorou a velocidade média dos 20-50 metros, concluindo que a utilização dos arrastos melhora o desempenho na fase de aceleração e o treino tradicional de velocidade é mais indicado para a fase de velocidade máxima.

Harrison & Bourke (2009), em estudo com 15 atletas de rãguebi com experiência no treino com arrastos de trenó, também obtiveram resultados similares aos observados por Zafeiridis et al. (2005), mesmo considerando a modificação da frequência, duração e intensidade da carga rebocada. As melhorias significativas observadas ocorreram no aumento da velocidade no teste de 30 metros, comparativamente ao grupo controle. Esta observação

sugeriu que este pode ser um meio eficaz para o incremento da capacidade de aceleração dos atletas.

Myer et al. (2007) avaliaram jogadores de futebol e reportaram melhorias tanto no grupo que efetuou trabalho com arrasto, quanto naquele que efetuou trabalho numa passadeira com inclinação. Este resultado sugeriu que ambos os meios eram eficazes no aumento da capacidade de aceleração.

Noutro estudo realizado no mesmo ano, Spinks et al. (2007) reportaram melhoras significativas no rendimento da fase de aceleração e na potência dos membros inferiores (salto com contramovimento) tanto no grupo de arrastos como no grupo que efetuou treino tradicional de velocidade, a partir de um programa de 8 semanas de treino com jogadores de futebol. O mesmo autor observou ainda melhorias significativas na força reativa (drop jump).

Afim de avaliar os efeitos longitudinais do treino com colete lastrado, arrasto com trenó e treino tradicional de velocidade, Clark et al. (2010) reportaram um ligeiro incremento nos grupo de colete e do arrasto com trenó na fase de aceleração, mas sugeriu que o método tradicional do treino da velocidade poderia ser mais eficaz no desempenho de distâncias entre 18,3 e 54,9 metros.

Kristensen et al. (2006) realizaram um programa de treinos de 6 semanas com um grupo de estudantes de Educação Física, divididos em três grupos de treino: normal, resistido e assistido. Neste estudo, foram observadas diferenças significativas apenas no aumento da velocidade para o grupo normal. Este resultado levaram os autores a referir que o principio da especificidade tinha sido a causa das diferenças registadas entre os grupos.

Apesar dos diferentes resultados, alguma precaução deve ser tida em conta na análise destes estudos, uma vez que o mesmos não foram realizados com velocistas, mas sim com atletas de outras modalidades, ou mesmo estudantes de Educação Física.

b) Carga óptima a utilizar

Os efeitos adaptativos ao treino resistido são influenciados pela magnitude da carga a transportar ou rebocar pelos atletas. O efeito da carga

ideal tem sido investigado extensivamente no treino resistido (Alcaraz et al., 2008), embora este não tenha sido ainda determinado a partir de estudos longitudinais. Contudo, de modo a que se obtenha uma sobrecarga adequada que não afecte negativamente a biomecânica da velocidade, tem sido sugerido que a resistência da carga não deve promover perdas de velocidade superiores a 10% (Clark et al., 2010; Jakalski, 1998b; Lockie et al., 2003). Este último autor refere ainda que a sobrecarga deve ser aferida antes de ser utilizada no treino, já que pode ser influenciada pelas características do sujeito e pela fricção da superfície utilizada.

Quando se aplica como método o trabalho resistido no treino da velocidade, pretende-se, com uma pequena sobrecarga, melhorar a força específica do atleta. Pretende-se ainda que o efeito provoque aumento do rendimento competitivo. Se não houver controle no efeito que as cargas têm sobre os atletas, estas podem produzir mudanças indesejáveis na cinemática do *sprint* e resultar em adaptações não específicas (Alcaraz et al., 2008).

Lockie et al. (2003) exploraram cinematicamente os efeitos do treino resistido na aceleração e concluíram que uma carga pesada geralmente resulta em grande modificação dos parâmetros cinemáticos. Esta conclusão leva a sugerir a utilização de cargas mais leves. Os mesmos autores procuraram adequar a carga relativamente ao peso corporal do atleta e à percentagem de velocidade máxima que ele pretende treinar. Neste sentido, desenvolveram uma equação com desportistas de várias modalidades, apenas para o aprimoramento da fase de aceleração: % Massa corporal = (-1,96 X % velocidade) + 188,99. Contudo quando aplicada a velocistas, esta equação subestimava a perda de velocidade em $\pm 2,2\%$.

Assim, Alcaraz et al. (2009) desenvolveram uma segunda equação com 26 atletas de velocidade. Nesta, dependendo do objetivo, a carga pode ser determinada seja para desenvolver a aceleração ou a velocidade máxima (Quadro 5 e 6): % Massa corporal = (-0,8674 * % velocidade) + 87,99.

Importante referir que esta equação foi desenhada de forma a que não seja possível ao atletas diminuir mais do que 10% da velocidade máxima.

Quadro 5: Carga Óptima para Aceleração (Alcaraz, 2009)

Massa corporal individual (kg)	Porcentagem de velocidade máxima		
	90%	92,5%	95%
120	15,11	9,23	3,35
115	14,48	8,84	3,21
110	13,85	8,46	3,07
105	13,22	8,07	2,93
100	12,59	7,69	2,79
95	11,96	7,31	2,65
90	11,33	6,92	2,51
85	10,70	6,54	2,37
80	10,07	6,15	2,23
75	9,44	5,77	2,09
70	8,81	5,38	1,95
65	8,18	5,00	1,81
60	7,55	4,61	1,67
55	6,92	4,23	1,53
50	6,30	3,85	1,40
45	5,57	3,46	1,26

Quadro 6: Carga Óptima para Velocidade Máxima (Alcaraz, 2009)

Massa corporal individual (kg)	Porcentagem de velocidade máxima		
	90%	92,5%	95%
120	11,91	9,31	6,71
115	11,41	8,92	6,43
110	10,92	8,53	6,15
105	10,42	8,14	5,87
100	9,93	7,76	5,59
95	9,43	7,37	5,31
90	8,93	6,98	5,03
85	8,44	6,59	4,75
80	7,94	6,21	4,47
75	7,44	5,82	4,19
70	6,95	5,43	3,91
65	6,45	5,04	3,63
60	5,96	4,65	3,35
55	5,46	4,27	3,07
50	4,96	3,88	2,79
45	4,47	3,49	2,51

3. Objetivos

3.1 – Objectivos Gerais

Foram definidos como objetivos gerais do presente estudo: (1) determinar as variáveis dinamométricas a partir de métodos resistidos, quando atingida a máxima velocidade do atleta; (2) verificar se a utilização de diferentes pontos de fixação do trenó induzem alterações no padrão das curvas de reação do solo.

3.2 – Objectivos Específicos

- Determinar a componente das GRF essencial para a prestação na velocidade.
- Determinar o padrão de aplicação de forças em função do ponto de fixação do trenó.
- Determinar o meio mais adequado para as distintas fases da corrida.

4. Material e métodos

4.1. Caracterização da amostra

A amostra foi constituída por 11 atletas com idades compreendidas entre os 18-23, inscritos na Federação de Atletismo em diferentes escalões competitivos, especialistas em corridas de velocidade e/ou saltos de várias disciplinas técnicas do Atletismo.

Os atletas participantes do estudo foram divididos em dois grupos, nomeadamente o grupo dos mais rápidos e o dos mais lentos, considerando as melhores prestações competitivas em provas de 60m.

O Quadro 7 apresenta a caracterização geral da amostra com os dados referentes ao escalão, idade, sexo, altura, peso e respetivo recorde pessoal.

Quadro 7. Características gerais da amostra - idade (anos), sexo, escalão, altura (m), peso (kg) de cada atleta e o respetivo recorde pessoal nos 60m (s).

Atleta	Idade	Sexo	Escalão	Altura	Peso	Recorde Pessoal
1	18	M	Júnior	1,80	71	6,71
2	21	M	Sub 23	1,81	70	7,27
3	18	M	Júnior	1,80	74	7,34
4	20	M	Sub 23	1,70	56	7,48
5	20	M	Sub 23	1,75	70	7,47
6	18	M	Júnior	1,65	57	7,35
7	23	F	Sénior	1,69	67	8,01
8	18	F	Júnior	1,54	56	8,15
9	18	F	Júnior	1,60	52	8,54
10	19	F	Sub 23	1,62	56	8,60
11	19	F	Sub 23	1,60	48	8,70
Média	19,3±1,6			1,69±0,09	61,5±1,9	7,78±0,65

4.2. Protocolo experimental

As avaliações decorreram ao longo de uma semana (9 a 14 de Março de 2012) na pista de tartan do pavilhão polidesportivo da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto. Foram criados 2 grupos de 6 e 5 atletas que, em dias alternados, realizaram um teste de velocidade máxima na distância de 30m, efetuando um apoio na plataforma de forças Bertec (406015), embutida na pista sintética, num local especialmente construído para o efeito. Com o intuito de preservar as características da superfície de deslocamento, a superfície da plataforma de forças foi coberta por uma placa de material sintético com as mesmas características da pista. Em termos metodológicos foram realizados os seguintes testes: 1) teste 1 - corrida normal; 2) teste 2 - arrasto de trenó tendo como ponto de fixação o cinto, com cargas que permitiram 90% da velocidade máxima; 3) teste 3 - arrasto de trenó tendo como ponto de fixação o colete, com cargas que permitiram 90% da velocidade máxima.

Para considerar ensaios válidos, os atletas necessitavam estabelecer um contato claro do pé com a plataforma sem ajustar o padrão normal de corrida. Os atletas executaram 15 repetições válidas de cada teste acima referido.

A partir do procedimento anteriormente descrito foram analisadas diferentes variáveis.

4.2.1 Variáveis analisadas

Nos testes realizados foram avaliadas e registadas as curvas de força de reação do solo (F_z , F_y , e F_x) produzidas pelo apoio efetuado na plataforma de forças. Estas variáveis biomecânicas já demonstraram um comportamento e características padrão (Winter, 1991), nomeadamente na análise das componentes vertical e horizontal.

As componentes das forças de reação do solo analisadas foram: valores máximos e mínimos que ocorreram num determinado instante da fase de apoio do ciclo de corrida. A partir da avaliação das GRF, diferentes variáveis foram analisadas e caracterizadas afim de esclarecer a problemática deste estudo,

conforme indicado abaixo.

Inicialmente dividiu-se a amostra em atletas rápidos e lentos, para proceder a esta divisão, levaram-se em consideração as melhores prestações competitivas em provas de 60m.

Para a obtenção das variáveis resultantes da plataforma de forças foi necessário proceder ao seccionamento das curvas de força vertical e horizontal (Figura 14 e 15), de forma a compreender as fases do apoio que podem alterar ou distinguir o desempenho competitivo.

Quadro 8 - Definição das variáveis analisadas

Símbolo	Descrição
tt	Tempo total do apoio
Fz1	Força máxima vertical (1º pico)
% t _{Fz1}	Período de tempo para ocorrer a força máxima vertical Fz1
Fz2	Força máxima vertical (2º pico)
% t _{Fz2}	Período de tempo para ocorrer a força máxima vertical Fz2
I _{Fz1}	Impulso da força Fz no intervalo [0, Fz1], denominado impulso passivo
I _{Fz2}	Impulso da força Fz no intervalo [Fz1, Fz2], denominado impulso ativo
I _{Fz3}	Impulso da força Fz no intervalo [Fz2, 0] denominado impulso de saída
TC _{Fz1}	Taxa de crescimento no intervalo [0, Fz1]
TC _{Fz2}	Taxa de crescimento no intervalo [Fz1, Fz2]
Fy1	Força máxima negativa, na fase de travagem
% t _{Fy1}	Período de tempo para ocorrer a força antero-posterior máxima negativa, na fase de travagem
Fy2	Força antero-posterior máxima, na fase de aceleração
% t _{Fy2}	Período de tempo para ocorrer a força antero-posterior máxima, na fase de aceleração
I _{Fy1}	Impulso da travagem (integral da Fy em ordem ao tempo, de t=0 até que Fy alcance o valor nulo)

I_{Fy2}	Impulso da aceleração (integral da Fy em ordem ao tempo, de $t=0$ até que Fy alcance o valor nulo devido á decolagem do apoio)
TI_{Fy}	Totalidade do impulso horizontal (obtido através da subtração do impulso de travagem ao impulso da aceleração)
TDC_{Fy1}	Taxa de decrescimento no intervalo $[0, Fy1]$
TC_{Fy2}	Taxa de crescimento no intervalo $[\text{valor nulo}, Fy2]$
$\% t_{Fy=0}$	Valor do tempo em que a força horizontal (Fy) alcança o valor nulo
t_{prop}/t_{trav}	Razão entre o tempo propulsivo e o de travagem em Fy
$Vel_{Fy_{trav}}$	Velocidade obtida pelo quociente do impulso de travagem de Fy com a massa
$Vel_{Fy_{prop}}$	Velocidade obtida pelo quociente do impulso propulsivo de Fy com a massa
$Vel_{Fz_{trav}}$	Velocidade obtida pelo quociente do impulso de travagem de Fz com a massa
$Vel_{Fz_{prop}}$	Velocidade obtida pelo quociente do impulso propulsivo de Fz com a massa
$\varphi_{passivo}$	Ângulo obtido da variação da velocidade na fase travagem
φ_{ativo}	Ângulo obtido da variação da velocidade na fase propulsiva

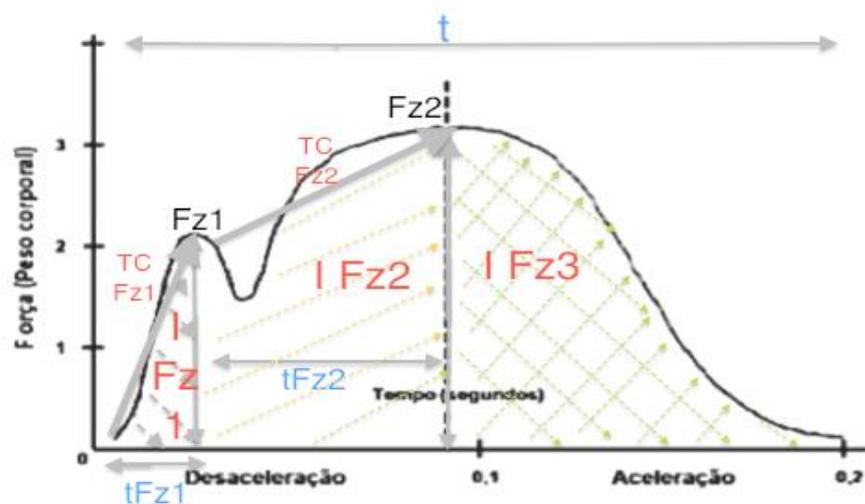


Figura 14. Seccionamento da Curva Vertical

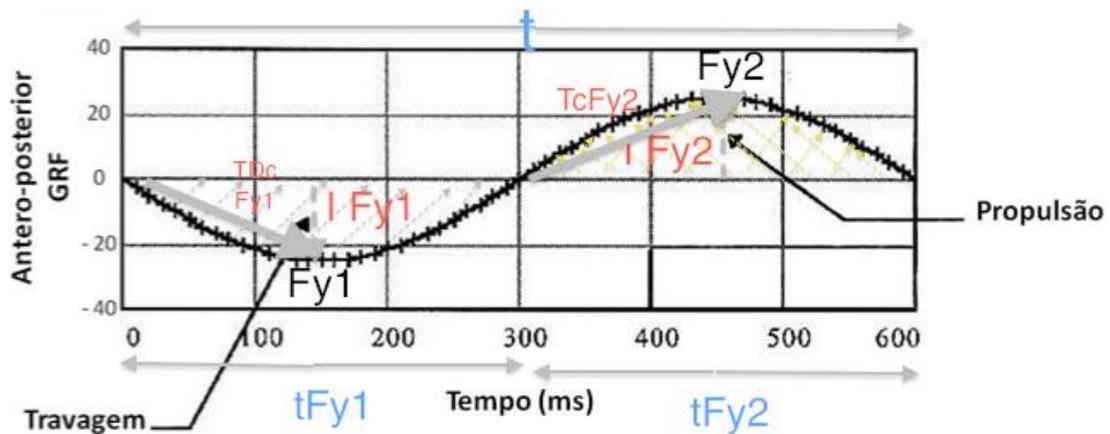


Figura 15. Seccionamento da Curva Horizontal

4.3. Material utilizado

Para proceder à recolha de dados, foram utilizados os seguintes instrumentos:

Instrumentos

- Computador
 - Plataforma Bertec 4060-15
 - Colete para o trenó
 - Cinto para o trenó
-

A organização dos instrumentos foi estabelecida como na fig.16.

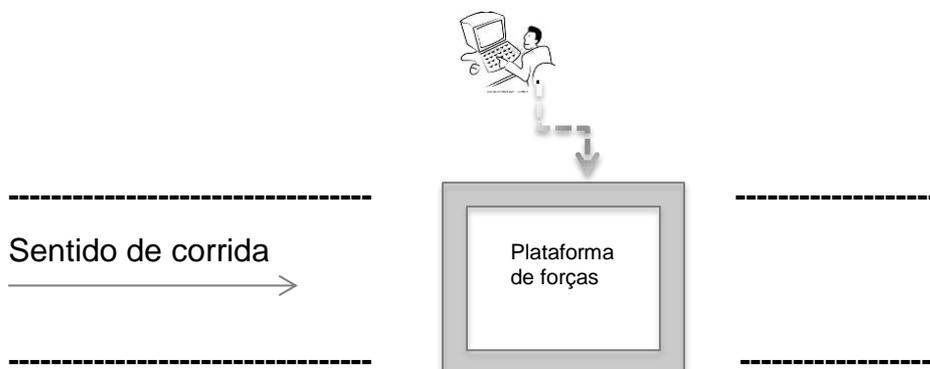


Figura 16. - Organização dos Instrumentos

Para a execução dos exercícios com trenó foram utilizados diferentes pontos

de fixação, colete e cinto (Figura 17)



Figura 17. – Trenó e os diferentes pontos de fixação utilizados

4.4 Procedimentos da recolha de dados

Os atletas realizaram um aquecimento livre de forma a prepararem-se para a intensidade da atividade seguinte. Em seguida, foram realizados ensaios para que os atletas se adaptassem ao equipamento de avaliação e estabelecessem o início da corrida, de forma a que no instante da passagem na plataforma de forças fosse estabelecido um contacto claro do apoio na mesma, antes de se proceder à recolha propriamente dita.

Relativamente à realização dos testes, foi pedido aos atletas que iniciassem a corrida com uma partida em três apoios. Com esta decisão pretendeu-se minimizar possíveis diferenças de execução entre os atletas, resultantes da experiência, ou falta desta, na utilização do “trenó”.

Para utilização do trenó foram considerados dois pontos de fixação ao corpo do atleta, sendo utilizado o colete e o cinto.

Solicitou-se aos atletas que a corrida fosse iniciada com o cabo completamente estendido, de forma a evitar o efeito de “puxão” na fase inicial da mesma.

Os testes foram realizados individualmente e cada atleta realizou quinze repetições de cada teste, sendo a avaliação realizada com vários atletas em simultâneo, que alternavam entre si os períodos de atividade e de descanso. Foram considerados intervalos de aproximadamente 3-5 minutos, de forma que o cansaço não prejudicasse a execução das repetições.

As cargas utilizadas tiveram como base as tabelas de referência apresentadas anteriormente (quadro 5 e 6, página 38)

Quadro 9 - Testes Realizados

Tipo de corrida	Descrição do exercício
Normal	Série de 40 metros com intensidade máxima
Cinto	Série de 40 metros com o cinto como ponto de fixação do trenó com uma carga transportada que permite alcançar 90% da velocidade máxima.
Colete	Série de 40 metros com o colete como ponto de fixação do trenó com uma carga transportada que permite alcançar 90% da velocidade máxima.

4.5 . Tratamento estatístico dos dados

Para o tratamento dos dados provenientes da plataforma de forças foram utilizadas rotinas desenvolvidas em ambiente *Matlab* (2009) baseadas nos estudos de Conceição (2004) e adaptadas para a corrida de velocidade. Para análise e tratamento estatístico dos dados recorreu-se ao software estatístico SPSS 20 efetuando-se os testes não paramétricos de Mann-Whitney, Wilcoxon de medidas emparelhadas e correlação de Spearman com os respectivos coeficientes de determinação. O nível de significância foi estabelecido em todas as análises de 0,05 ou 5%. Todos os dados relativos às forças e impulsos foram normalizados ao peso corporal. Os dados referentes aos valores temporais foram normalizados ao tempo total de apoio obtendo-se a percentagem a que determinado instante ocorreu durante o tempo de apoio. Esta normalização temporal esbate algumas diferenças entre os sujeitos, mas por outro lado, manifesta que diferenças percentuais ocorrem quando referenciados ao seu tempo total de apoio.

5. Apresentação dos Resultados

Este estudo teve como objetivos determinar as variáveis dinamométricas a partir de métodos resistidos, quando atingida a máxima velocidade do atleta, bem como verificar se a utilização de diferentes pontos de fixação do trenó induzem alterações no padrão das curvas de reação do solo.

Este capítulo apresenta resultados da análise descritiva das variáveis cinéticas previamente definidas como relevantes para o estudo, características da fase de apoio no solo.

Foram ainda considerados parâmetros importantes não só da análise da corrida normal, como também da comparação entre esta e os meios resistidos (cinto e colete). Posteriormente à análise descritiva, realizou-se a comparação entre grupos para as variáveis estudadas.

Em seguida foram avaliadas as correlações entre as variáveis referentes à corrida normal estudadas e todas as variáveis analisadas foram comparadas entre os três exercícios (corrida normal, corrida com colete e cinto).

5.1 Tempos de apoio na corrida normal

O Quadro 10 apresenta a análise descritiva, bem como a comparação entre os grupos de atletas mais rápidos e mais lentos para as variáveis de tempos de apoio na corrida normal.

Os resultados obtidos indicam que os atletas mais rápidos têm tempos totais de apoio inferiores ao grupo dos mais lentos. Além disso, destaca-se o facto de que o intervalo de tempo em que ocorre o pico ativo na componente vertical e o rácio do tempo de propulsão com o de travagem ser maior no grupo dos mais rápidos.

Foram observadas diferenças significativas entre os dois grupos nas variáveis pico máximo da força vertical e rácio do tempo propulsivo sobre o de travagem.

Quadro 10. – Análise descritiva e comparação entre grupos de atletas rápidos e lentos para as variáveis de tempo de apoio na corrida normal

Variáveis	Rápidos (N=6)		Lentos (N=5)		U	p
	Média	DP	Média	DP		
tt_CN (s)	0,12	0,01	0,13	0,01	9	0,33
%tFy1_CN	16,38	1,76	14,96	1,38	8	0,25
% tFy2_CN	70,08	1,66	70,92	2,01	9	0,33
% tFy=0_CN	43,55	2,47	45,68	1,12	5	0,08
% tFz1_CN	16,38	1,76	14,96	1,38	8	0,25
% tFz2_CN	35,38	5,96	43,73	2,23	2	0,02*
tprop/ttrav_CN	1,302	0,14	1,190	0,05	4,5	0,05*

Mann-Whitney; * $p \leq 0.05$

5.1.2 Forças e impulsos horizontais na corrida normal

O Quadro 11 apresenta a análise descritiva, bem como a comparação entre os grupos de atletas mais rápidos e mais lentos para a magnitude das forças horizontais, taxa de crescimento e impulsos correspondentes às fases propulsiva e de travagem.

Os dados obtidos permitem observar que os atletas mais rápidos apresentam valores significativamente maiores na variável pico de força máximo propulsivo, quando comparados aos seus pares mais lentos.

Quadro 11. – Análise descritiva e comparação entre grupos de atletas rápidos e lentos para as forças e impulsos horizontais na corrida normal

Variáveis	Rápidos (N=6)		Lentos (N=5)		U	p
	Média	DP	Média	DP		
Fy1_CN	-1,31	0,20	-1,10	0,09	5	0,08
TDcFy1_CN	-8,10	1,76	-7,43	0,97	13	0,79
IFy1_CN	0,22	0,01	0,23	0,01	7	0,18
Fy2_CN	0,75	0,09	0,64	0,06	4	0,05*
TCFy2_CN	2,86	0,34	2,54	0,34	9	0,33
IFy2_CN	1,91	0,20	1,88	0,14	13	0,79
I_propul_CN	1,69	0,19	1,65	0,13	13	0,79

Mann-Whitney; * $p \leq 0.05$

5.1.3 Forças e impulsos verticais na corrida normal

O Quadro 12 apresenta a análise descritiva, bem como a comparação entre os grupos de atletas mais rápidos e mais lentos para a magnitudes das forças verticais, taxa de crescimento dessas mesmas forças e os respetivos impulsos correspondentes às fases ativa, passiva e de saída do apoio na componente vertical. Foram observadas diferenças significativas entre os dois grupos para a produção do pico de força máxima, a taxa de crescimento e o impulso correspondentes à área passiva. Para a área ativa, foi observada diferença significativa na taxa de crescimento.

Quadro 12. – Análise descritiva e comparação entre grupos de atletas rápidos e lentos para as forças e impulsos verticais na corrida normal

Variáveis	Rápidos (N=6)		Lentos (N=5)		U	p
	Média	DP	Média	DP		
Fz1_CN	1,94	0,25	3,45	0,71	0	0,00*
TCFz1_CN	11,91	1,79	23,12	4,77	0	0,00*
IFz1_CN	1,34	0,25	1,98	0,50	4	0,05*
Fz2_CN	3,85	0,57	3,40	0,41	5	0,08
TCFz2_CN	11,13	5,19	2,38	0,53	0	0,00*
IFz2_CN	1,25	0,22	1,10	0,07	5	0,08
IFz3_CN	0,22	0,03	0,21	0,02	8	0,25

Mann-Whitney; * $p \leq 0.05$

5.1.4 Velocidades e ângulos na corrida normal

O Quadro 13 apresenta a análise descritiva, bem como a comparação entre os grupos de atletas mais rápidos e mais lentos para as velocidades das áreas de travagem e propulsiva, nas componentes vertical e horizontal e os respetivos ângulos. Embora sejam observadas diferenças nos valores médios de vários dos parâmetros em análise, as mesmas não apresentaram valores estatisticamente significativos.

Quadro 13. – Análise descritiva e comparação entre grupos de atletas rápidos e lentos para as velocidades e ângulos na corrida normal

Variáveis	Rápidos (N=6)		Lentos (N=5)		U	p
	Média	DP	Média	DP		
Vel_Fy_travg_CN	-0,178	0,05	-0,178	0,03	13,5	0,79
Vel_Fy_prop_CN	0,253	0,03	0,232	0,02	8	0,25
Vel_Fz_travg_CN	1,151	0,19	1,266	0,05	7	0,18
Vel_Fz_prop_CN	1,063	0,16	1,042	0,15	13	0,79
∠_passivo_CN	-1,419	0,01	-1,431	0,02	9	0,33
∠_ativo_CN	1,335	0,02	1,350	0,02	7	0,18

Mann-Whitney; * p≤0.05

5.1.5 Correlação entre as variáveis analisadas na corrida normal

Afim de analisar possíveis associações entre as variáveis analisadas na corrida normal, procedeu-se à análise de correlação e posteriormente foi obtido o coeficiente de determinação (r^2) das correlações (Quadro 14).

Considerando o elevado número de variáveis analisadas, para esta análise foram incluídas apenas as variáveis que apresentam possíveis associações pertinentes, de acordo com a literatura estudada, nomeadamente: 1) instante no tempo que ocorre o valor nulo na componente horizontal com pico de força máximo propulsivo (negativa); 2) taxa de decrescimento do pico de travagem com instante no tempo que ocorre pico de força de travagem; 3) taxa de crescimento do pico passivo vertical com impulso de travagem; 4) impulso ativo vertical com impulso propulsivo horizontal; 5) tempo total de apoio com o tempo do instante do pico de força travagem (negativa); 6) pico de força ativo vertical com impulso propulsivo horizontal; 7) impulso propulsivo horizontal com pico de força máximo propulsivo; 8) tempo total de apoio com o tempo do instante que ocorre pico ativo vertical; 9) impulso passivo vertical com o instante em que ocorre o pico da força de travagem (negativa).

Foram observadas correlações significativas para todas as variáveis analisadas.

Quadro 14. – Correlação entre variáveis da corrida normal

	Variáveis	r	p	r ²
1	% tFy=0_CN Fy2_CN	-,709*	0,015	50,2%
2	TDcFy1_CN % tFy1_CN	,664*	0,026	40,9%
3	TCFz1_CN IFy1_CN	,609*	0,047	37,0%
4	TCFy2_CN % tFy2_CN	,745**	0,008	55,5%
5	IFz2_CN Fy2_CN	,642*	0,033	41,2%
6	tt_CN %tFz1_CN	-,895**	0	80,1%
7	Fz2_CN I_propul_CN	,909**	0	82,6%
8	I_propul_CN Fy2_CN	,627*	0,039	39,3%
9	tt_CN % tFz2_CN	,611*	0,046	37,3%
10	IFz1_CN %tFy1_CN	-,655*	0,029	42,9%

Correlação de Spearman; * p<0.05, ** p<0.01 e *** p<0.001

5.2 Resultados da comparação entre os três exercícios

Nos quadros seguintes são apresentados os valores descritivos dos atletas agrupados por exercícios e posteriormente são apresentadas as diferenças estatísticas existentes na execução dos três exercícios.

5.2.1 Tempo de apoio na comparação entre os três exercícios

O Quadro 15 apresenta a análise descritiva, bem como a comparação entre os três tipos de exercícios para as variáveis de tempos de apoio na corrida normal.

Os resultados obtidos indicam diferenças nas médias do tempo total de apoio da corrida normal para os exercícios resistidos, como uma diminuição do instante em que ocorre o pico de máximo de travagem, propulsivo e em que o valor é nulo na componente horizontal. Quanto à componente vertical existe uma diminuição do instante que ocorre o pico de força passivo. De salientar que o rácio propulsivo/travagem aumentou nos exercícios resistidos comparativamente à corrida normal.

Foram observadas diferenças significativas em todas as variáveis temporais analisadas quando comparadas a corrida normal com os exercícios resistidos. A única exceção foi o instante em que ocorreu o pico de força ativo vertical.

Quadro 15. – Análise descritiva e comparação entre os três exercícios para as variáveis de tempo de apoio

	CN		CIN		COL		CN x CIN	CN x COL	CIN x COL
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	p	p	p
tt (s)	0,12	0,01	0,14	0,01	0,14	0,01	0,00*	0,00*	0,89
% tFy1	15,74	1,69	13,59	1,23	13,90	1,75	0,00*	0,01*	0,16
% tFy2	70,46	1,78	67,68	2,15	68,65	1,77	0,01*	0,09	0,33
% tFy_0	44,52	2,19	41,39	3,26	41,10	2,09	0,00*	0,00*	0,82
% tFz1	15,74	1,69	10,90	2,24	11,43	1,59	0,01*	0,00*	0,37
% tFz2	37,81	5,24	38,21	7,47	38,00	4,06	0,66	0,86	0,66
Tpropu /ttravg	1,251	0,120	1,432	0,220	1,432	0,220	0,01*	0,01*	1,00

Wilcoxon * $p \leq 0.05$

5.2.2 Forças horizontais na comparação dos três exercícios

O Quadro 16 apresenta a análise descritiva, bem como a comparação entre os três tipos de exercícios para as variáveis magnitude das forças

horizontais, taxa de crescimento e impulsos correspondentes às fases propulsiva e de travagem.

Foram observadas diferenças significativas na produção do pico da força de travagem e no impulso referente à travagem da corrida normal comparativamente aos exercícios resistidos, relativamente à corrida normal com o colete e quando comparados os meios resistidos nas áreas dos impulsos propulsivos. Na variável do impulso propulsivo existem diferenças significativas na corrida normal comparativamente com o cinto e entre os meios resistidos.

Quadro 16. – Análise descritiva e comparação entre os três exercícios para as variáveis para as forças e impulsos horizontais

	CN		CIN		COL		CN x CIN	CN x COL	CIN x COL
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	p	p	p
Fy1	-1,22	0,19	-0,95	0,25	-0,94	0,14	0,00*	0,00*	0,79
TDcFy1	-7,80	1,43	-7,08	1,97	-6,91	1,57	0,13	0,18	0,86
IFy1	0,23	0,02	1,85	0,16	1,76	0,10	0,00*	0,00*	0,09
Fy2	0,70	0,09	0,71	0,10	0,73	0,08	0,48	0,05*	0,25
TCFy2	2,71	0,36	2,70	0,30	2,65	0,26	0,53	0,21	0,48
IFy2	1,90	0,18	3,56	0,37	1,96	0,16	0,00*	0,35	0,58
I_prop	1,68	0,16	1,70	0,25	0,20	0,11	0,93	0,00*	0,00*

Wilcoxon * $p \leq 0.05$

5.2.3. Forças verticais na comparação dos três exercícios

O Quadro 17 apresenta a análise descritiva, bem como a comparação entre os grupos de atletas mais rápidos e mais lentos para a magnitudes das forças verticais, taxa de crescimento dessas mesmas forças e os respetivos impulsos correspondentes às fases ativa, passiva e de saída do apoio na componente vertical. Foram observadas diferenças significativas entre todos os exercícios no pico de força passivo e no impulso ativo, entre os meios resistidos na variável impulso passivo e magnitude do pico ativo, nesta última

variável existiram ainda diferenças significativas da corrida normal para a corrida com cinto.

Quadro 17. – Análise descritiva e comparação entre os três exercícios para as variáveis forças e impulsos verticais

	CN		CIN		COL		CN x CIN	CN x COL	CIN x COL
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	p	p	p
Fz1	2,63	0,93	2,24	0,84	2,46	0,97	0,03	0,05	0,04
TCFz1	17,00	6,71	17,75	3,97	19,17	4,94	0,66	0,11	0,25
IFz1	1,64	0,49	1,80	0,22	1,70	0,11	0,37	0,16	0,03
Fz2	3,73	0,49	3,42	0,35	3,61	0,38	0,03	0,11	0,01
TCFz2	7,16	5,86	7,25	3,94	7,26	2,63	0,93	0,35	0,92
IFz2	1,18	0,18	1,80	0,22	1,78	0,11	0,00	0,00	0,85

Wilcoxon * $p \leq 0.05$

5.2.4. Velocidades e ângulos na comparação dos três exercícios

O Quadro 18 apresenta a análise descritiva, bem como a comparação entre os três exercícios para as velocidades das áreas de travagem e propulsiva, nas componentes vertical e horizontal e os respectivos ângulos.

Foram observadas diferenças estatisticamente significativas na comparação entre a corrida normal e os exercícios resistidos na velocidade propulsiva e de travagem na componente horizontal, já na componente vertical estas diferenças significativas são referentes aos três exercícios na fase propulsiva e apenas no ângulo referente à fase passiva existem diferenças significativas entre a corrida normal e os exercícios resistidos.

Quadro 18. – Análise descritiva e comparação entre os três exercícios para as variáveis velocidades e ângulos

	CN		CIN		COL		CN x CIN	CN x COL	CIN x COL
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	p	p	p
Velocidade_Fy1_trav	-0,178	0,037	-0,142	0,033	-0,151	0,037	0,00*	0,00*	0,21
Velocidade_Fy2_prop	0,244	0,027	0,288	0,038	0,305	0,034	0,00*	0,00*	0,17
Velocidade_Fz_t_ravag	1,204	0,153	1,247	0,152	1,199	0,102	1,00	0,72	0,62
Velocidade_Fz_p_rop	1,054	0,148	1,454	0,024	1,343	0,178	0,00*	0,00*	0,09
Ângulo_passivo	-1,425	0,017	-1,454	0,024	-1,447	0,023	0,00*	0,01*	0,17
Ângulo_ativo	1,342	0,021	1,345	0,013	1,349	0,016	0,63	0,48	0,33

Wilcoxon * $p \leq 0.05$

6. Discussão

Este estudo teve como objetivos determinar as variáveis dinamométricas que explicam a máxima velocidade alcançada a partir da utilização de métodos resistidos, bem como verificar se a utilização de diferentes pontos de fixação do trenó induzem alterações no padrão das curvas de reação do solo.

Os dados analisados evidenciaram pontos importantes para a problemática em questão. Verificou-se que a utilização de exercícios resistidos favoreceu o aumento do tempo na fase propulsiva, diminuição da fase de travagem e antecipação do instante em que ocorre o pico máximo de travagem e propulsivo horizontal. Já a utilização do cinto como ponto de fixação do trenó promoveu o aumento dos impulsos propulsivos e evidencia ser o meio mais adequado para a fase de aceleração. A aplicação do colete como ponto de fixação do trenó promoveu o aumento da magnitude da força vertical ativa e aparenta ser o meio resistido mais adequado para a fase de velocidade máxima. Adicionalmente, verificou-se que o aumento das forças verticais apresentaram maior relevância para a distinção entre os elementos mais rápidos e os mais lentos da corrida normal.

Segundo Mero (1992) e Weynand (2000), há relação entre a diminuição do tempo de apoio e o aumento de velocidade. Neste estudo, apesar de não terem sido verificadas diferenças estatisticamente significativas entre essas variáveis, observa-se uma diminuição do tempo de apoio no grupo dos mais rápidos comparativamente ao grupo dos mais lentos. Embora os tempos dos atletas de elite rondem na fase de velocidade máxima os 80-100 milissegundos e na fase de aceleração os 150-180 milissegundos, os resultados sugerem que a amostra do nosso estudo ainda estava na fase de aceleração, subfase transitória uma vez que apresenta valores na ordem dos 120-130 milissegundos. Estes atletas apesar de estarem ainda na sua fase de formação e desenvolvimento técnico e físico alcançam essa fase por volta dos 30-40 metros.

Outro parâmetro que parece diferenciar os dois grupos analisados diz respeito à razão entre tempo de forças propulsivas e travagem, os atletas mais

rápidos passam menos tempo na fase de travagem e mais tempo na fase propulsiva. A correlação negativa moderada ($r=-0,709$) entre a percentagem de tempo a que ocorre o valor nulo em F_y e os valores propulsivos demonstram que este pode ser considerado um parâmetro de fundamental importância para a problemática estudada.

Por outro lado, embora os dois grupos estejam dentro dos valores temporais habituais para a fase de travagem (40-45 % do tempo total de apoio) referidos por Mero e Komi (1992), parece importante destacar que a fase ativa do pico de força vertical ocorra o mais rapidamente possível.

O fator que permite ao atleta promover um aumento da sua velocidade horizontal é o incremento da aplicação da força no menor espaço temporal. Esse incremento só pode ser efetivado no decorrer do tempo de apoio e deve ser caracterizado por pequenas forças negativas ou de travagem, e grandes forças positivas ou propulsivas. Tal como Brughelli (2011) e Hunter (2005) referem, para o aumento da velocidade, o fator determinante é o incremento das forças propulsivas e a diminuição das forças de travagem. Neste estudo, o grupo dos mais rápidos demonstrou diferenças significativas na componente propulsiva para este parâmetro.

Contudo, o grupo dos mais rápidos também manifestou um aumento significativo da magnitude das forças na fase de travagem, o que pode estar relacionado com as propriedades elásticas do músculo no ciclo alongamento-encurtamento. Esta hipótese é sustentada a partir dos dados da correlação moderada positiva ($r=0,664$) entre as variáveis da taxa de decrescimento onde ocorre o pico de travagem e a magnitude de F_{y1} , que ocasiona a ocorrência deste pico mais cedo, facto este corroborado por Cavagna (1971), que o considera um fator relevante para o desempenho.

Quanto às forças verticais, foram observadas diferenças significativas entre os grupos avaliados, nomeadamente a magnitude das forças da fase passiva, particularmente no instante em que o pé contacta o solo e a respetiva taxa de crescimento. Estas diferenças entre grupos podem estar relacionadas à imprecisão técnica ao realizar a receção com a parte posterior do pé,

apresentando assim um aumento pronunciado da travagem como referido por Novacheck (1998).

Neste estudo verificou-se uma correlação negativa moderada ($r=-0,895$) entre as variáveis do tempo em que ocorre o pico máximo passivo vertical e o tempo total de apoio. Esta poderá ser umas das causas de maiores tempos de apoio nos atletas mais lentos. Outra possibilidade para tais diferenças diz respeito à pouca flexão dos membros inferiores no instante do contato do apoio no solo, de acordo com Nigg (1987). Este tipo de impacto tem sido referidos na literatura como uma preocupação a ter em conta devido ao tipo de forças que se propagam pelo sistema músculo-esquelético e que podem estar na origem de várias lesões desportivas.

Foi ainda encontrada uma tendência para valores mais elevados do pico ativo da força vertical no grupo dos mais rápidos, os mais lentos têm magnitudes de forças verticais mais baixas e demoram mais tempo a alcançá-las. Este resultado é corroborado por Weyand e colaboradores (2000), ao afirmarem que estes parâmetros constituem o principal mecanismo usado pelos atletas para alcançarem maiores velocidades, nomeadamente o aumento da produção de forças verticais.

Por outro lado foi obtida uma forte correlação ($R=0,91$) entre a magnitude do pico da força vertical ativa com o impulso propulsivo, sendo esta última explicada em 80% pela variação da magnitude do pico de força vertical. Supõe-se que esta magnitude, ao contrário do que diz a literatura (Hunter, 2005) não seja só aquela exigida para que os atletas tenham o tempo necessário para a reposição do membro inferior durante o ciclo de passo. Outro fator, como o aumento da magnitude das forças verticais para os mais rápidos pode ter papel determinante.

Quanto aos parâmetros velocidades de travagem e propulsivas, poucos são os estudos que poderão servir de comparação com o realizado. Contudo, observou-se que o grupo dos mais rápidos apresenta valores mais elevados nas forças horizontais tanto na fase de travagem como na propulsiva e também

valores mais elevados nas forças verticais na componente propulsiva. Já na fase de travagem, os valores mais elevados obtidos pelo grupo mais lento poderá estar relacionado com o fator técnico já referido aquando da recepção do pé no solo.

No que concerne aos ângulos referente às forças de reação do solo, os valores obtidos por ambos os grupos são bastante similares e não há na literatura especializada nenhum outro estudo que apresente valores acerca deste parâmetro em atletas de velocidade.

Quanto à comparação dos exercícios resistidos com a corrida normal, foram observadas diferenças significativas no tempo de apoio total, corroborando com dados existentes na literatura (Cronin, 2006; Lockie, 2003) que afirmam ser uma consequência do aumento da carga transportada. Segundo Alcaraz (2008), o aumento da inclinação anterior do tronco parece ser a causa do aumento do tempo de apoio.

A diminuição registada entre os instantes em que ocorrem o pico máximo de travagem e o propulsivo comparativamente à corrida normal pode estar relacionado com o que propõe Alcaraz (2008): as diferenças na direção da resistência da carga transportada, que podem induzir a alterações mecânicas por parte do atleta.

Relativamente aos tempos das fases de apoio entre os dois meios resistidos, as diferenças entre os pontos de fixação parecem não produzir grandes alterações entre os atletas.

Assim, a utilização deste meios resistidos aparentemente parecem ser uma boa estratégia quando se pretende desenvolver a capacidade de aumento dos impulsos propulsivos, especialmente no caso do cinto, de acordo com Alcaraz (2008). Este autor sugere o cinto como um excelente meio para o desenvolvimento da capacidade de aceleração, devido à aplicação da resistência apresentar uma força resultante mais horizontal do que vertical.

Outro fator relevante a destacar é a utilização deste meio resistido para forçar o atleta a ter que produzir mais força horizontal e a diminuir também a magnitude das forças verticais na recepção do pé no solo, como ocorreu na amostra estudada. Haveria assim a prevenção do impacto constante nas estruturas ósseas e ligamentares a que regularmente os atletas estão sujeitos.

O ponto de fixação no colete também parece ser útil nesta fase de corrida. Porém, a sua magnitude é menor na produção de força horizontal e mais elevada na componente vertical. Este fator pode ser consequência da direção da resistência adicional, e pode ser um fator importante na fase de velocidade máxima (Cronin, 2006).

Assim, a utilização dos meios resistidos parece ser uma metodologia de treino que deve ser contemplada por treinadores nos seus planeamentos e periodizações, uma vez que as especificidades das adaptações evidenciadas podem representar uma maximização na eficiência da transferência do padrão treinado para a competição.

No decorrer da elaboração desta investigação, novas perspectivas relacionadas com a temática abordada foram surgindo, o que pode servir de orientação em trabalhos futuros.

Assim, relativamente aos procedimentos metodológicos, sugere-se a utilização de uma amostra maior, outra questão era poder verificar como se comportam as variáveis na fase de aceleração e fase de velocidade máxima.

Aliar aos parâmetros dinâmicos os parâmetros cinemáticos.

Verificar com mudanças de velocidade definidas para a amostra o que modifica no comportamento das componentes horizontais e verticais.

7. Conclusões

A partir da análise dos resultados concluiu-se que a utilização de exercícios resistidos favorece o aumento do tempo na fase propulsiva, diminuição da fase de travagem e antecipação do instante em que ocorre o pico máximo de travagem e propulsivo horizontal.

A utilização do cinto como ponto de fixação do trenó promove o aumento dos impulsos propulsivos e evidencia ser o meio mais adequado para a fase de aceleração. Já a aplicação do colete como ponto de fixação do trenó promove o aumento da magnitude da força vertical ativa e aparenta ser o meio resistido mais adequado para a fase de velocidade máxima.

Os dados analisados permitiram ainda concluir que o aumento das forças verticais apresentaram maior relevância para a distinção entre os elementos mais rápidos e os mais lentos da corrida normal.

8. Bibliografía:

- Aaseng, N. (2002). Track and field. San Diego, Calif.: Lucent Books.
- Alcaraz, P. E., Palao, J. M., & Elvira, J. L. (2009). Determining the optimal load for resisted sprint training with sled towing. *J Strength Cond Res*, 23(2), 480-485.
- Alcaraz, P. E., Palao, J. M., Elvira, J. L., & Linthorne, N. P. (2008). Effects of three types of resisted sprint training devices on the kinematics of sprinting at maximum velocity. *J Strength Cond Res*, 22(3), 890-897.
- Arampatzis, A., Bruggemann, G. P., & Metzler, V. (1999). The effect of speed on leg stiffness and joint kinetics in human running. In *J Biomech* (Vol. 32, pp. 1349-1353). United States.
- Atwater, A. E. (1982). Kinematic analyses of sprinting. *Track & Field Quarterly Review*, 82(2), 12-16.
- Baughman, M. (1984). Training: Sprint training. National Strength and Conditioning Association *J National Strength & Conditioning Association Journal*, 6(3).
- Bergamini, E., Picerno, P., Pillet, H., Natta, F., Thoreux, P., & Camomilla, V. (2012). Estimation of temporal parameters during sprint running using a trunk-mounted inertial measurement unit. *J Biomech*, 45(6), 1123-1126.
- Bezodis, N. E., Salo, A. I., & Trewartha, G. (2010). Choice of sprint start performance measure affects the performance-based ranking within a group of sprinters: which is the most appropriate measure? *Sports Biomech*, 9(4), 258-269.
- Bompa, T. (1999). *Periodization : theory and methodology of training*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Bosco, C., & Vittori, C. (1986). Biomechanical characteristics of sprint running during maximal and supra-maximal speed. *IAAF, New studies in athletics* (1), 39-45.
- Brughelli, M., Cronin, J., & Chaouachi, A. (2011). Effects of running velocity on running kinetics and kinematics. *J Strength Cond Res*, 25(4), 933-939.

- Bundle, M. W., & Weyand, P. G. (2012). Sprint exercise performance: does metabolic power matter? In *Exerc Sport Sci Rev* (Vol. 40, pp. 174-182). United States.
- Butler, M. (2009). *IAAF statistics handbook : 12th IAAF World Championships in Athletics, Berlin 2009*. London: International Amateur Athletic Federation.
- Cavagna, G. A., Komarek, L., & Mazzoleni, S. (1971). The mechanics of sprint running. *J Physiol*, 217(3), 709-721.
- Ciacci, S., Di Michele, R., & Merni, F. (2010). Kinematic analysis of the braking and propulsion phases during the support time in sprint running. In *Gait Posture* (Vol. 31, pp. 209-212). England: 2009 Elsevier B.V.
- Cissik, J. (2004a). Means and Methods of Speed Training, Part I. Strength and Conditioning Journal Strength and Conditioning Journal, 26(4), 24-29.
- Cissik, J. (2004b). *Sport speed and agility training*. Monterey, Calif.: Coaches Choice.
- Cissik, J. M. (2005). Means and methods of speed training: Part II. Strength & Conditioning Journal, 27(1), 18-25.
- Clark, K. P., Stearne, D. J., Walts, C. T., & Miller, A. D. (2010). The longitudinal effects of resisted sprint training using weighted sleds vs. weighted vests. *J Strength Cond Res*, 24(12), 3287-3295.
- Coh, M., Milanovic, D., & Kampmiller, T. (2001). Morphologic and kinematic characteristics of elite sprinters. *Coll Antropol*, 25(2), 605-610.
- Coh, M., & Tomazin, K. (2005). Biomechanical characteristics of female sprinters during the acceleration phase and maximum speed phase. *Modern Athlete & Coach*, 43(4), 3-9.
- Cronin, J., & Hansen, K. T. (2006). Resisted sprint training for the acceleration phase of sprinting. *Strength & Conditioning Journal*, 28(4), 42-51.
- Cronin, J., & Sleivert, G. (2005). Challenges in understanding the influence of maximal power training on improving athletic performance. In *Sports Med* (Vol. 35, pp. 213-234). New Zealand.
- Delecluse, C. (1995a). Analysis of 100 meter sprint performance as a multi-dimensional skill. *Journal of Human Movement Studies*, 28(2), 87.

- Delecluse, C. (1995b). Analysis of 100 meter sprint performance as a multi-dimensional skill. *Journal of human movement studies.*, 28(2), 87.
- Delecluse, C. (1997). Influence of strength training on sprint running performance. Current findings and implications for training. *Sports Med*, 24(3), 147-156.
- Delecluse, C., Ponnet, H., & Diels, R. (2008). Stride Characteristics related to running velocity in maximal sprint running. *Comunicação apresentada em ISBS-Conference Proceedings Archive*.
- Dick, F. (1987). *Sprints and relays*. London: British Amateur Athletic Board.
- Dintiman. (1997). *Sports speed: Human Kinetics*.
- Dugan, S. A., & Bhat, K. P. (2005). Biomechanics and analysis of running gait. In *Phys Med Rehabil Clin N Am* (Vol. 16, pp. 603-621). United States.
- Duncanson, N. (2011). *The fastest men on Earth : the story of the men's 100 metres Olympic champions*. London: Andre Deutsch.
- Duthie, G. M., Pyne, D. B., Marsh, D. J., & Hooper, S. L. (2006). Sprint patterns in rugby union players during competition. In *J Strength Cond Res* (Vol. 20, pp. 208-214). United States.
- Faccioni, A. (1994). Assisted and resisted methods for speed development: Part 2. *MODERN ATHLETE AND COACH*, 32(2), 3-6.
- Faccioni, A. (1995). The role of the mid-torso in maximising sprint performance. *Strength Cond. Coach*, 2, 6-10.
- Francis, C. (1997). *Training for speed*. Canberra, A.C.T., Australia: Faccioni Speed & Conditioning Consultants.
- Gajer, B., Thepaut-Mathieu, C., & Lehenaff, D. (2000). BIOMECHANICS: Evolution of stride rate and length during a 100m race. *NEW STUDIES IN ATHLETICS*, 14(3), 43-50.
- Gambetta, V. (1981). *Track and field coaching manual: coaching techniques and guidelines formulated by the Athletics Congress' Olympic Development Committee*. West Point, N.Y.: Leisure Press.
- Garcia Manso, J. M. (1998). *La Velocidad : la mejora del rendimiento en los deportes de velocidad*. Madrid: Gymnos.

- Garcia Manso, J. M., Navarro Valdivielso, M., & Ruiz Caballero, J. A. (1996). Bases teoricas del entrenamiento deportivo principios y aplicaciones. Madrid: Editorial Gymnos.
- Gomes, A. C. (2002). Treinamento desportivo: estrutura e periodização. Porto Alegre: ArtMed.
- Gregson, W., Drust, B., Atkinson, G., & Salvo, V. D. (2010). Match-to-match variability of high-speed activities in premier league soccer. *Int J Sports Med*, 31(4), 237-242.
- Grosser, M. (1992). Entrenamiento de la velocidad : fundamentos, métodos y programas. Barcelona: Martínez Roca.
- Harland, M. J., & Steele, J. R. (1997). Biomechanics of the sprint start. *Sports Med*, 23(1), 11-20.
- Harre, D., & Barsch, J. (1982). Principles of sports training: Sportverlag.
- Harrison, A. J., & Bourke, G. (2009). The effect of resisted sprint training on speed and strength performance in male rugby players. In *J Strength Cond Res* (Vol. 23, pp. 275-283). United States.
- Hay, J. G. (1993). The biomechanics of sports techniques. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- Holm, D. J., Stalbm, M., Keogh, J. W., & Cronin, J. (2008). Relationship between the kinetics and kinematics of a unilateral horizontal drop jump to sprint performance. *J Strength Cond Res*, 22(5), 1589-1596.
- Hrysomallis, C. (2012). The effectiveness of resisted movement training on sprinting and jumping performance. *J Strength Cond Res*, 26(1), 299-306.
- Hunter, J. P., Marshall, R. N., & McNair, P. (2004). Reliability of biomechanical variables of sprint running. *Med Sci Sports Exerc*, 36(5), 850-861.
- Hunter, J. P., Marshall, R. N., & McNair, P. J. (2005). Relationships between ground reaction force impulse and kinematics of sprint-running acceleration. *J Appl Biomech*, 21(1), 31-43.
- Ito, A., Komi, P. V., Sjodin, B., Bosco, C., & Karlsson, J. (1983). Mechanical efficiency of positive work in running at different speeds. *Med Sci Sports Exerc*, 15(4), 299-308.

- Jakalski, K. (1998a). Parachutes, tubing, and towing. *Track Coach*, 144(4585-4589), 4612.
- Jakalski, K. (1998b). The pros and cons of using resisted and assisted training methods with high school sprinters. *Track Coach*, 144, 4585-4589.
- Jarver, J. (1983). *Sprints & relays : contemporary theory, technique, and training*. Los Altos, CA, USA: Tafnews Press.
- Kafer, R., Adamson, G., O'Conner, M., & Faccioni, A. (1994). Methods for maximising speed development. *Strength Cond Coach*, 2(1), 9-11.
- Kawamori, N., Nosaka, K., & Newton, R. U. (2013). Relationships between ground reaction impulse and sprint acceleration performance in team sport athletes. *J Strength Cond Res*, 27(3), 568-573.
- Komi, P. (2002). *Strength and power in sport*: Blackwell scientific publications Oxford.
- Kraemer, W. (2002). *Strength training for sport*. Oxford; Malden, MA: Blackwell Science.
- Kristensen, G. O., van den Tillaar, R., & Ettema, G. J. (2006). Velocity specificity in early-phase sprint training. In *J Strength Cond Res* (Vol. 20, pp. 833-837). United States.
- Kuitunen, S., Komi, P. V., & Kyrolainen, H. (2002). Knee and ankle joint stiffness in sprint running. *Med Sci Sports Exerc*, 34(1), 166-173.
- Kyrolainen, H., Belli, A., & Komi, P. V. (2001). Biomechanical factors affecting running economy. *Med Sci Sports Exerc*, 33(8), 1330-1337.
- LeBlanc, J. S., & Gervais, P. L. (2004). Kinematics of assisted and resisted sprinting as compared to normal free sprinting in trained athletes. *Comunicação apresentada em Proceedings of XXII International Symposium on Biomechanics in Sports*.
- Letzelter, M., Sauerwein, G., & Burger, R. (1995). Resistance runs in speed development. *MODERN ATHLETE AND COACH*, 33, 7-12.
- Lockie, R. G., Murphy, A. J., Knight, T. J., & Janse de Jonge, X. A. (2011). Factors that differentiate acceleration ability in field sport athletes. *J Strength Cond Res*, 25(10), 2704-2714.

- Lockie, R. G., Murphy, A. J., & Spinks, C. D. (2003). Effects of resisted sled towing on sprint kinematics in field-sport athletes. In *J Strength Cond Res* (Vol. 17, pp. 760-767). United States.
- Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1978). Mechanical energy states during running. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 38(1), 41-48.
- Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1980). Force-, power-, and elasticity-velocity relationships in walking, running, and jumping. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 44(3), 279-289.
- Mann, R. (2011). *The mechanics of sprinting and hurdling*. S.I.: CreateSpace].
- Mann, R. V. (1981). A kinetic analysis of sprinting. *Med Sci Sports Exerc*, 13(5), 325.
- Matveev, L. P. (2001). *Teoria general del entrenamiento deportivo*. Barcelona: Paidotribo.
- Maulder, P. S., Bradshaw, E. J., & Keogh, J. W. (2008). Kinematic alterations due to different loading schemes in early acceleration sprint performance from starting blocks. *J Strength Cond Res*, 22(6), 1992-2002.
- Mero, A., & Komi, P. V. (1986). Force-, EMG-, and elasticity-velocity relationships at submaximal, maximal and supramaximal running speeds in sprinters. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 55(5), 553-561.
- Mero, A., & Komi, P. V. (1987). Electromyographic activity in sprinting at speeds ranging from sub-maximal to supra-maximal. *Med Sci Sports Exerc*, 19(3), 266.
- Mero, A., Komi, P. V., & Gregor, R. J. (1992). Biomechanics of sprint running. A review. *Sports Med*, 13(6), 376-392.
- Morin, J. B., Bourdin, M., Edouard, P., Peyrot, N., Samozino, P., & Lacour, J. R. (2012). Mechanical determinants of 100-m sprint running performance. *Eur J Appl Physiol*, 112(11), 3921-3930.
- Morin, J. B., Edouard, P., & Samozino, P. (2011). Technical ability of force application as a determinant factor of sprint performance. *Med Sci Sports Exerc*, 43(9), 1680-1688.
- Munro, C. F., Miller, D. I., & Fuglevand, A. J. (1987). Ground reaction forces in running: a reexamination. *J Biomech*, 20(2), 147-155.

- Myer, G., Ford, K., Brent, J., Divine, J., & Hewett, T. (2007). Predictors of sprint start speed: The effects of resistive ground-based vs. inclined treadmill training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(3), 831-836.
- Nigg, B. M., Bahlsen, H. A., Luethi, S. M., & Stokes, S. (1987). The influence of running velocity and midsole hardness on external impact forces in heel-toe running. *J Biomech*, 20(10), 951-959.
- Novacheck, T. F. (1998). The biomechanics of running. In *Gait Posture* (Vol. 7, pp. 77-95).
- Nummela, A., Keranen, T., & Mikkelsen, L. O. (2007). Factors related to top running speed and economy. *Int J Sports Med*, 28(8), 655-661.
- Nummela, A., RUSKO, H., & MERO, A. (1994). EMG activities and ground reaction forces during fatigued and nonfatigued sprinting. *Med Sci Sports Exerc*, 26(5), 605-609.
- Paradisis, G. P., Bissas, A., & Cooke, C. B. (2009). Combined uphill and downhill sprint running training is more efficacious than horizontal. *Int J Sports Physiol Perform*, 4(2), 229-243.
- Paulson, S., & Braun, W. A. (2011). The influence of parachute-resisted sprinting on running mechanics in collegiate track athletes. *J Strength Cond Res*, 25(6), 1680-1685.
- Payton, C., & Bartlett, R. (2008). *Biomechanical evaluation of movement in sport and exercise: the British Association of Sport and Exercise Sciences guidelines*: Psychology Press.
- Schiffer, J. (2007). A World History of Sprint Racing "The stellar events": 100m, 200m and 4x100m relay - Men and Women (1850-2005). *NEW STUDIES IN ATHLETICS*, 22(3), 109-111.
- Schiffer, J. (2011). No. 92: The Sprint Events. *NEW STUDIES IN ATHLETICS*, 26(1/2), 151-186.
- Schmolinsky, G. (1992). *Atletismo*. Lisboa: Editorial Estampa.
- Seagrave, L. (1996). Introduction to sprinting. *NEW STUDIES IN ATHLETICS*, 11(2/3), 93-114.

- Seagrave, L. (2009). Neuro-Biomechanics of Maximum Velocity Sprinting. *NEW STUDIES IN ATHLETICS*, 24(1), 19-28.
- Sheppard, J. M. (2004). The use of resisted and assisted training methods for speed development: coaching considerations. *MODERN ATHLETE AND COACH*, 42(4), 9-13.
- Slawinski, J., Bonnefoy, A., Leveque, J. M., Ontanon, G., Riquet, A., Dumas, R., & Cheze, L. (2010). Kinematic and kinetic comparisons of elite and well-trained sprinters during sprint start. *J Strength Cond Res*, 24(4), 896-905.
- Slawinski, J., Dumas, R., Cheze, L., Ontanon, G., Miller, C., & Mazure-Bonnefoy, A. (2013). Effect of postural changes on 3D joint angular velocity during starting block phase. *J Sports Sci*, 31(3), 256-263.
- Sleivert, G., & Taingahue, M. (2004). The relationship between maximal jump-squat power and sprint acceleration in athletes. *Eur J Appl Physiol*, 91(1), 46-52.
- Spinks, C. D., Murphy, A. J., Spinks, W. L., & Lockie, R. G. (2007). The effects of resisted sprint training on acceleration performance and kinematics in soccer, rugby union, and Australian football players. In *J Strength Cond Res* (Vol. 21, pp. 77-85). United States.
- Tabachnik, B. (1992). Strength training modalities: The speed chute. *Strength & Conditioning Journal*, 14(4), 75-81.
- Tellez, T. (2010). The 20th North America, Central America and Caribbean Track and Field Coaches Association Congress. *NEW STUDIES IN ATHLETICS*, 25(3/4), 107-110.
- Track, U. S. A., & Field, I. (1996). *Superclinic notes 1996*. S.I.: USATF.
- Uth, N. (2005). Anthropometric comparison of world-class sprinters and normal populations. *Journal of Sports Science and Medicine*, 4, 608-616.
- Verkhoshansky, Y. (2002). *Teoría y metodología del entrenamiento deportivo*. Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Verkhoshansky, Y., & Siff, M. (2000). *Superentrenamiento*. Paidotribo, Barcelona.
- Volkov, N., & Lapin, V. (1979). Analysis of the velocity curve in sprint running. *Med Sci Sports*, 11(4), 332-337.

- Watkins, J. (2007). An introduction to biomechanics of sport and exercise. Edinburgh; New York: Churchill Livingstone Elsevier.
- Weyand, P. G., Sternlight, D. B., Bellizzi, M. J., & Wright, S. (2000). Faster top running speeds are achieved with greater ground forces not more rapid leg movements. *J Appl Physiol*, 89(5), 1991-1999.
- Wiemann, K., & Tidow, G. (1995). Relative activity of hip and knee extensors in sprinting-implications for training. *NEW STUDIES IN ATHLETICS*, 10, 29-29.
- Winter, D. A. (1991). Biomechanics and motor control of human gait: normal, elderly and pathological.
- Young, W. (1995). Relationship between strength qualities and sprinting performance. *J Sports Med Phys Fitness*, 35(1), 13-19.
- Young, W. (2001). Resistance Training for Short Sprints and Maximum-speed Sprints. *J Strength Cond Strength and Conditioning Journal*, 23(2).
- Young, W. (2006). Transfer of strength and power training to sports performance. *Int J Sports Physiol Perform*, 1(2), 74-83.
- Zafeiridis, A., Saraslanidis, P., Manou, V., Ioakimidis, P., Dipla, K., & Kellis, S. (2005). The effects of resisted sled-pulling sprint training on acceleration and maximum speed performance. *J Sports Med Phys Fitness*, 45(3), 284-290.
- Zatsiorsky, V. (1998). Kinematics of human motion. Champaign: Human Kinetics.