



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL de LONDRINA

---

PEDRO LANARO FILHO

**DISTÂNCIA DOS PEDAIS E POSICIONAMENTO DOS  
OMBROS:  
ANÁLISE CINEMÁTICA E ELETROMIOGRÁFICA EM  
DIFERENTES TIPOS DE SAÍDA PARA PROVA DE 100  
METROS RASOS NO ATLETISMO**

PEDRO LANARO FILHO

**DISTÂNCIA DOS PEDAIS E POSICIONAMENTO DOS  
OMBROS:  
ANÁLISE CINEMÁTICA E ELETROMIOGRÁFICA EM  
DIFERENTES TIPOS DE SAÍDA PARA PROVA DE 100  
METROS RASOS NO ATLETISMO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física UEM/UEL, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Ricardo Altimari.  
Coorientador: Prof. Dr. Felipe Arruda Moura.

Londrina  
2017

### **Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

L243d Lanaro Filho, Pedro.

Distância dos pedais e posicionamento dos ombros : análise cinemática e eletromiográfica em diferentes tipos de saída para prova de 100 metros rasos no atletismo / Pedro Lanaro Filho. - Londrina, 2016.  
101 f.: il.

Orientador: Leandro Ricardo Altimari.

Coorientador: Felipe Arruda Moura.

Tese (Doutorado em Educação Física) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Educação Física e Esporte, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, 2017.  
Inclui bibliografia.

1. Atletismo - Teses. 2. Eletromiografia - Teses. 3. Cinemática - Teses. I. Altimari, Leandro Ricardo. II. Moura, Felipe Arruda. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Educação Física e Esporte. Programa de Pós-Graduação em Educação Física.

CDU 796.42

PEDRO LANARO FILHO

**DISTÂNCIA DOS PEDAIS E POSICIONAMENTO DOS OMBROS:  
ANÁLISE CINEMÁTICA E ELETROMIOGRÁFICA EM DIFERENTES  
TIPOS DE SAÍDA PARA PROVA DE 100 METROS RASOS NO  
ATLETISMO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física UEM/UEL, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Educação Física.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Leandro Ricardo Altimari  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Luiz Cláudio Reeberg Stanganelli  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Andreo Fernando Aguiar  
Universidade Norte do Paraná - UNOPAR

---

Prof. Dr. Antônio Carlos Gomes  
Confederação Brasileira de Atletismo - CBAAt

---

Prof. Dr. Antonio Carlos de Moraes  
Universidade Estadual de Campinas -  
UNICAMP

Londrina, 19 de outubro de 2017.

## DEDICATÓRIA

Dedico este estudo aos meus pais Pedro e Eda “in memoriam” pela educação e valores a mim transmitidos, e à minha esposa Inez e minhas filhas Mariana e Giovana, pelo amor, apoio e orações que me fortaleceram em todos os momentos.

“Orai, pois a fé é a certeza daquilo que esperamos e a prova das coisas que não vemos”.

Hebreus 11:1

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Leandro Ricardo Altimari e ao meu coorientador Prof. Dr. Felipe Arruda Moura pelos conhecimentos transmitidos e pela excelente orientação em todo o processo de construção desta tese.

Agradeço aos membros da banca do exame de qualificação, professores doutores Antônio Carlos Gomes, Antônio Carlos Dourado, Antônio Carlos de Moraes e Andreo Fernando Aguiar, pelas contribuições e sugestões dadas e que foram acatadas na medida do possível.

Agradeço aos muitos docentes, pós-graduandos, graduandos e servidores da Universidade Estadual de Londrina que diretamente me apoiaram e contribuíram dando o suporte necessário nas muitas fases de elaboração deste estudo.

Agradeço aos treinadores de atletismo de Londrina, Cambé e Maringá, professores Gilberto, Silvana, Saul, Oriane, Gabriel e Maria Conceição, pelo apoio pessoal e profissional que me deram sempre que solicitado.

Agradeço a todos os atletas sujeitos deste estudo, por aceitarem a submeter-se aos testes na pista de atletismo e às demais avaliações necessárias para concretização deste estudo.

Agradeço aos meus irmãos e irmãs biológicos Lála, Mila, Gau, Dedé, Célia, Flávio, Clóvis e Beto, pelo incentivo, orações e excelente convivência familiar.

Agradeço a todos os demais amigos que me influenciaram positivamente mesmo que de forma indireta, estimulando a dar o meu melhor durante todo o processo de desenvolvimento desta tese.

Agradeço a Deus pela vida e saúde.

“Não se amoldem ao padrão deste mundo, mas transformem-se pela renovação da sua mente, para que sejam capazes de experimentar e comprovar a boa, agradável e perfeita vontade de Deus”.

Romanos 12:2

LANARO FILHO, Pedro. **Distância dos pedais e posicionamento dos ombros: análise cinemática e eletromiográfica em diferentes tipos de saída para prova de 100 metros rasos no atletismo.** 2017. 101 f. Tese (Doutorado em Educação Física) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

## RESUMO

Dentre as diversas variáveis que determinam o desempenho em provas de velocidade do atletismo, a fase de saída do bloco pode influenciar diretamente na produção de alta velocidade de deslocamento bem como no resultado final. Assim, deve-se considerar que as diferentes condições de saída para prova de 100 m rasos podem ser influenciadas pela regulação dos pedais do bloco e alterações na posição dos ombros, o que até o momento parece não ter sido devidamente explorado nas pesquisas disponíveis na literatura. Neste caminho, o presente estudo dividiu-se em três trabalhos completos na tentativa de explorar o tema em questão, onde inicialmente, teve por finalidade promover uma revisão bibliográfica, com o objetivo de obter informações sobre o estado da arte dos aspectos técnicos, biomecânicos e neuromusculares apontados como responsáveis pelo desempenho de atletas durante a saída em provas de velocidade. Posteriormente, foi conduzido estudo experimental que é apresentado por meio de dois artigos originais, que tiveram por objetivo analisar parâmetros de cinemática 3D como centro de massa (CM) e espaço-temporais (ET), e o tempo de deslocamento (T) nos 10 m e 20 m, bem como a atividade eletromiográfica (EMG) dos músculos gastrocnêmio medial (GM), reto femoral (RF) e porção longa do bíceps femoral (BF<sub>PL</sub>), nas condições de saída de bloco curta (SC), média (SM) e longa (SL) para prova de 100 m rasos no atletismo, tendo por base a distância dos pedais à linha de saída e diferentes posições dos ombros. Para tanto, fizeram parte deste estudo quinze atletas ( $21,5 \pm 4,7$  anos) velocistas da modalidade de atletismo do sexo masculino que estavam em período pré-competitivo. Os mesmos foram submetidos inicialmente a mensurações antropométricas e de composição corporal e em seguida, a três condições experimentais de saída no bloco (SC, SM e SL), que foram repetidas por três vezes cada uma, com intervalo de 3 a 5 minutos, onde os parâmetros de cinemática, tempo de deslocamento e EMG foram coletados. Inicialmente, os achados apresentados na revisão da literatura demonstraram que o sucesso na execução de uma boa saída é dependente de muitos fatores e variáveis que contribuem para a geração de potência no momento da saída e passadas iniciais. Observou-se ainda, que as condições de saída, SC, SM e SL, têm sido estudadas experimentalmente, mas quase sempre tendo por base a distância interpedais, sendo que a maioria dos estudos encontrados apontaram para SM como sendo a de melhor eficácia. Os resultados do estudo de campo que envolveu os parâmetros cinemáticos, demonstraram que a SM se apresentou como o melhor tipo de saída. Quanto aos parâmetros EMG analisados, constatou-se que, independentemente do tipo de saída de bloco utilizado, a atividade dos músculos BF<sub>PL</sub> e RF foi maior que do músculo GM. Por outro lado, a SC e a SM apresentaram-se como as melhores opções de saída do bloco para prova de 100 m rasos, com resultados pouco favoráveis à SM.

**Palavras-chave:** Eletromiografia. Cinemática. Atividade muscular. Saída de bloco. Velocidade. Atletismo.

LANARO FILHO, Pedro. **Pedals distance and shoulder positioning:** kinematic and electromyographic analysis in different starting position for 100 meters at the athletics. 2017. 101 p. Thesis (Doctoral degree in Physical Education) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

## ABSTRACT

Among the several variables that determine the performance in athletics speed events, the start phase of the block can directly influence the production of high speed of displacement as well as the final result. Thus, it should be considered that the different starting conditions for the 100 m events can be influenced by the adjustment of the pedals of the block and changes in the position of the shoulders, which to date does not seem to have been properly explored in the available surveys. In this way, the present study was divided in three complete works in an attempt to explore the topic in question, where it was initially intended to promote a bibliographical review, aiming to obtain state-of-the-art information on the technical, biomechanical and neuromuscular muscles that are considered to be responsible for the performance of the sprinters. Subsequently, an experimental study was conducted and presented in two original articles, whose aims was to analyze 3D kinematics parameters such as mass center (CM) and space-time (ET), and the displacement time (T) at 10 m and 20 m, as well as the electromyographic (EMG) activity of the medial gastrocnemius muscles (GM), rectus femoris (RF), and long portion of the femoral biceps (BF<sub>PL</sub>), in the bunched (SC), medium (SM) and elongated (SL) starts for 100 m race, based on the distance from the pedals to the exit line and the different positions of the shoulders. Therefore, fifteen male sprinters ( $21.5 \pm 4.7$  years) were part of this study, in pre-competitive period. They were initially submitted to anthropometric and body composition measurements and after to three experimental conditions of starting block (SC, SM and SL), which were repeated three times each, with interval of 3 to 5 minutes, where the parameters of kinematics, displacement time and EMG were collected. Initially, the findings presented in the literature review demonstrated that the success in executing a good starting is dependent on many factors and variables that contribute to the power generation in the starting moment and initial steps. It was also observed that starting conditions, SC, SM and SL, have been experienced, but almost always based on the interpedals distance, and found that SM was the one with the best efficacy. The results of field study involving the kinematic parameters showed that SM presented itself as the best starting block position. Regarding the EMG parameters analyzed, it was found that, regardless of the starting block positions used, the activity of the BF<sub>PL</sub> and RF muscles was greater than that of the GM muscle. On the other hand, the SC and SM presented the best options of starting block for 100 m events in the athletics

**Keywords:** Electromyography. Kinematics. Muscle activity. Starting block. Speed, athletics.

## LISTA DE QUADROS, TABELAS E FIGURAS

### CAPÍTULO I

<b>Figura 1</b> – Blocos posicionados nas três condições de saída testadas no estudo (SC, SM e SL) .....	22
<b>Figura 2</b> – Atleta posicionado no bloco nos diferentes tipos de saída, tendo por base a distância dos pedais à linha de saída e o posicionamento dos ombros em relação à linha de saída, à frente para SC, sobre para SM e atrás para SL .....	23
<b>Figura 3</b> – Posição de saída para registro simultâneo da cinemática, EMG e fotocélula .....	24
<b>Figura 4</b> – Tendas utilizadas na coleta simultânea da cinemática, EMG e tempo de deslocamento (fotocélulas).....	25
<b>Figura 5</b> – Pletismógrafo de corpo inteiro utilizado para medidas de massa e composição corporal .....	26
<b>Figura 6</b> – Marcadores reflexivos posicionados nos pontos anatômicos para análise cinemática.....	27
<b>Figura 7</b> – Análise no software Motive Body® a partir do primeiro movimento na saída até completar uma passada .....	28
<b>Figura 8</b> – Eletromiógrafo wireless modelo Trigno™ e software MG Works® utilizados para captura e registro dos sinais EMG (adaptado da Delsys®).....	29
<b>Figura 9</b> – Eletrodos ativos para registro da atividade EMG via wireless, posicionados sobre músculos da coxa e perna (adaptado da Delsys®).....	29
<b>Figura 10</b> – Fotocélula sem espelho modelo Hidrofit Multisprint®, utilizada para registro do tempo nos 10 m e 20 m.....	30

### CAPÍTULO II

<b>Quadro 1</b> – Estudos nos quais foram analisados diferentes tipos de saída para provas de velocidade no atletismo em diferentes parâmetros .....	41
--	----

<b>Quadro 2</b> – Estudos nos quais foi empregada a cinemática na análise de diferentes tipos de saída em provas de velocidade.....	49
<b>Quadro 3</b> – Estudos nos quais foi utilizada a EMG em diferentes tipos de saída em provas de velocidade no atletismo.....	52

### CAPÍTULO III

<b>Tabela 1</b> – Caracterização dos sujeitos em idade, massa corporal (MC), estatura, gordura corporal (GC), tempo de treino, tempo nos 100 m rasos e tipo de saída preferencial .....	65
<b>Tabela 2</b> – Números absolutos (N) e relativos (%) para a saída preferencial dos atletas, verificados antes dos testes nas diferentes condições de saída (TIPO).....	66
<b>Tabela 3</b> – Variáveis de CM na primeira passada comparadas nas saídas curta (SC), média (SM) e Longa (SL).....	66
<b>Figura 1</b> – Variáveis de Tempo nos 10 m e 20 m ( <b>A</b> ) e Espaço-Temporais ( <b>B, C e D</b> ) comparadas nas saídas curta (SC), média (SM) e Longa (SL).....	67
<b>Tabela 4</b> – Variáveis de CM e espaço-temporais (ET) na primeira passada, correlacionadas com o tempo dos 10 e 20 m nas saídas curta (SC), média (SM) e longa (SL).....	68
<b>Tabela 5</b> – Comparação da saída preferida de cada sujeito com o melhor tempo de deslocamento nos 10 m nas diferentes condições testadas.....	69

### CAPÍTULO IV

<b>Tabela 1</b> – Caracterização dos sujeitos em idade, massa corporal (MC), estatura, Gordura total percentual (GC%), tempo de treino, tempo nos 100 m rasos e tipo de saída preferencial.....	81
<b>Tabela 2</b> – Números absolutos e relativos para a saída preferencial dos sujeitos antes dos testes, antes e após os testes, nas diferentes condições de saída .....	82

- Figura 1** – Comparação dos valores de atividade EMG (Média ± DP) entre os músculos gastrocnêmio medial (GM), bíceps femoral porção longa (BF<sub>PL</sub>) e reto femoral (RF), nas saídas curta (**A**), média (**B**) e longa (**C**), nos apoios pedal traseiro e dianteiro. \*Diferença significativa entre os músculos estudados ( $p < 0,05$ ).....83
- Figura 2** – Comparação dos valores de atividade EMG (Média ± DP) dos músculos gastrocnêmio medial (**A**), bíceps femoral porção longa (**B**) e reto femoral (**C**), entre as saídas curta (SC), média (SM) e longa (SL), nos apoios pedal traseiro e dianteiro. \*Diferença significativa entre as condições de saída ( $p < 0,05$ ).....85

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	Tridimensional
ACMS	Altura do centro de massa do solo
AML	Amplitude médio-lateral
ANOVA	Análise de Variância para Medidas repetidas
AV	Amplitude Vertical
BF <sub>PL</sub>	Bíceps Femoral porção longa
CAD	Cadência da primeira passada
CBA <sub>t</sub>	Confederação Brasileira de Atletismo
CEFE	Centro de Educação Física e Esporte
CGC	Centro de Gravidade do Corpo
CM	Centro de Massa
CMRR	Razão de rejeição do modo comum
CPP	Comprimento do primeiro passo
CSP	Comprimento do segundo passo
DCML	Distância do CM da linha da linha de saída
EMG	Eletromiografia
ET	Espaço-temporais
F	Feminino
FFT	Fast Fourier Transform
GC	Gordura Corporal
GM	Gastrocnêmio Medial
Hz	Hertz
IAAF	Associação Internacional das Federações de Atletismo
Kg	Quilograma
LPP	Largura do primeiro passo
LSP	Largura do segundo passo
m	Metros
mm	Milímetro
ms	Milissegundo
mV	Milivolts
m/s	Metros por segundo
M	Masculino

MMII	Membros inferiores
MMSS	Membros superiores
N	Newton
p/s	Passos por segundo
RF	Reto Femoral
S	Segundos
SC	Saída Curta
SL	Saída Longa
SM	Saída Média
SPSS	<i>Statistical Package for Social Sciences</i>
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
T	Tempo
TM	Tempo motor
TPT	Tempo pré-motor
TR	Tempo de reação
TRT	Tempo de reação total
UEL	Universidade Estadual de Londrina
UEM	Universidade Estadual de Maringá
VCM	Velocidade do Centro de Massa
VH	Velocidade horizontal
VHP	Velocidade horizontal pico
VML	Velocidade médio-lateral
VMLP	Velocidade médio-lateral pico
VR	Velocidade resultante
VRP	Velocidade resultante pico
VV	Velocidade vertical
VVP	Velocidade vertical pico
$\mu$ V	Microvolts

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>CAPÍTULO I – ESTRUTURA DA TESE</b> .....	16
<b>1.1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>1.2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	18
<b>1.3</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	20
1.3.1	Procedimentos do estudo exploratório .....	20
1.3.2	Procedimentos dos estudos experimentais .....	20
1.3.2.1	Delineamento experimental .....	20
1.3.2.2	Procedimentos para medidas antropométricas e composição corporal.....	25
1.3.2.3	Procedimentos para coleta da cinemática .....	26
1.3.2.4	Procedimentos para coleta da EMG .....	28
1.3.2.5	Procedimentos para coleta do tempo de deslocamento .....	30
1.3.3	Tratamento estatístico .....	31
<b>1.4</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	32
<b>2</b>	<b>CAPÍTULO II – ARTIGO 1: ASPECTOS TÉCNICOS, BIOMECÂNICOS E NEUROMUSCULARES NA SAÍDA BAIXA EM PROVAS DE VELOCIDADE NO ATLETISMO: UMA REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	34
<b>2.1</b>	<b>RESUMO</b> .....	34
<b>2.2</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	35
<b>2.3</b>	<b>MÉTODOS</b> .....	37
<b>2.4</b>	<b>TIPOS DE SAÍDA</b> .....	38
<b>2.5</b>	<b>ESTUDOS DE REVISÃO LITERÁRIA</b> .....	42
<b>2.6</b>	<b>ESTUDOS BIOMECÂNICOS</b> .....	44
<b>2.7</b>	<b>ESTUDOS UTILIZANDO EMG</b> .....	50
<b>2.8</b>	<b>OUTROS ESTUDOS EXPERIMENTAIS</b> .....	53
<b>2.9</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	54
<b>2.10</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	55
<b>3</b>	<b>CAPÍTULO III – ARTIGO 2: ANÁLISE CINEMÁTICA 3D EM DIFERENTES TIPOS DE SAÍDA PARA PROVA DE 100 METROS RASOS NO ATLETISMO</b> .....	59
<b>3.1</b>	<b>RESUMO</b> .....	59

<b>3.2</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	60
<b>3.3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	62
3.3.1	Sujeitos .....	62
3.3.2	Delineamento .....	62
3.3.3	Procedimentos para cinemática.....	63
3.3.4	Variáveis do estudo .....	64
3.3.5	Análise estatística.....	64
<b>3.4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	65
3.4.1	Características dos sujeitos .....	65
3.4.2	Posição, amplitude e velocidade do CM.....	66
3.4.3	Espaço-temporais e tempo de deslocamento.....	67
3.4.4	Correlação no tempo dos 10 e 20 m.....	68
<b>3.5</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	69
<b>3.6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	72
<b>3.7</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	74
<b>4</b>	<b>CAPÍTULO IV – ARTIGO 3: ATIVIDADE ELETROMIOGRÁFICA EM DIFERENTES TIPOS DE SAÍDA PARA PROVA DE 100 M RASOS NO ATLETISMO.</b> .....	76
<b>4.1</b>	<b>RESUMO</b> .....	76
<b>4.2</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	77
<b>4.3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	79
4.3.1	Sujeitos .....	79
4.3.2	Delineamento .....	79
4.3.3	Procedimentos para EMG .....	80
4.3.4	Análise estatística.....	80
<b>4.4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	81
<b>4.5</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	86
<b>4.6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	83
<b>4.7</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	87
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	90
<b>6</b>	<b>CONTRIBUIÇÕES ESPERADAS</b> .....	90

<b>7</b>	<b>LIMITAÇÕES DO ESTUDO .....</b>	<b>91</b>
<b>8</b>	<b>LISTA DE REFERÊNCIAS.....</b>	<b>92</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>98</b>
	ANEXO A – Termo de consentimento livre e esclarecido.....	98
	ANEXO B – Aprovação no comitê de ética da UEL.....	99
	ANEXO C – Formulário de coleta .....	100

# 1 CAPÍTULO I

## ESTRUTURA DA TESE

### 1.1 INTRODUÇÃO

As competições da modalidade de atletismo podem ser realizadas em pista coberta (“indoor”) ou pista descoberta (“outdoor”). No Atletismo realizado em pista “outdoor” são disputadas oficialmente 47 provas, sendo 24 no masculino e 23 no feminino. Do total oficial de provas 29 são provas de pista, 16 são provas de campo e duas são provas combinadas. As provas de pista também são subdivididas em provas de velocidade (curtas distâncias), meio fundo (médias distâncias) e fundo (longas distâncias). As provas de velocidade por sua vez, cujas distâncias percorridas vão dos 60 m aos 400 m, são subdivididas em rasas, sobre barreiras ou revezamentos (revezadas por 4 atletas) (MATHIESEN, 2007).

Duas diferentes formas de saídas são utilizadas nas provas de pista do atletismo, a saída alta (de pé) sem bloco de saída é utilizada nas provas de meio fundo e fundo, e a saída baixa com bloco, obrigatória nas provas de velocidade do atletismo tanto em pistas “indoor” quanto “outdoor”, nos termos das regras da Associação Internacional das Federações de Atletismo (IAAF, 2016-2017).

Nas regras da IAAF também está determinado que são três os comandos dados pelo árbitro para a saída baixa. Ao primeiro comando de “às suas marcas”, os atletas deverão se posicionar com ambos os pés apoiados nos pedais do bloco, com ambas as mãos apoiadas no solo atrás da linha de saída e com um dos joelhos apoiado no solo também em posição anterior à linha de saída. Ao segundo comando de “prontos” deverão os atletas elevar os quadris retirando o joelho do solo e mantendo-se apoiados pelas mãos no solo e pés apoiados no bloco, imóveis até o sinal de saída. E por último, ao “tiro de saída” os atletas deverão retirar as mãos do solo e iniciar a sua corrida. A finalidade da saída baixa é tentar produzir o máximo de potência no menor tempo possível (ILBEIGE; VAN GHELEVE, 2015; LYNCH, 2003).

Obrigatoriamente o bloco de saída possui dois apoios para os pés (pedais), sendo que, nas regras da IAAF não está determinado qual deve ser o

posicionamento dos pedais quanto às distâncias da linha de saída e inter-pedais ou do ângulo de inclinação dos pedais, com total liberdade para escolha dos atletas.

Em razão das regras e das preferências dos atletas, desde 1937 quando a saída com bloco passou a ser obrigatória, diversos estudos têm sido conduzidos com atletas velocistas de diferentes níveis de desempenho, homens e mulheres de diferentes faixas etárias, utilizando como parâmetros de análise, principalmente a cinemática, a cinética, a eletromiografia (EMG) e o registro do tempo (OZSU, 2014; GINCIENE; MATHIESEN, 2012; BEZODIS, SALO; TREWARTHA, 2010). Alguns estudos tiveram por objetivo investigar diferentes condições de saída (tipos de saída) com bloco, apontando principalmente para três diferentes tipos de saídas baixa, tendo por base a distância do pedal dianteiro relativamente ao pedal traseiro (espaço interpedal), sendo elas a saída curta (SC); saída média (SM) e saída longa (SL) (HARRISON; COMYNS, 2014; MAJUNDAR; ROBERGS, 2011; LYNCH, 2003; HARLAND; STEELE, 1997).

Mais recentemente, dados apresentados sobre a saída do Jamaicano Usain Bolt (recordista mundial dos 100 m, 200 m e revezamento 4x100 m), nos quais verificou-se que o mesmo não apresenta a saída mais eficiente entre atletas finalistas dos 100 m rasos, motivou novas pesquisas de revisão e experimentais sobre este tema (PROSPERO, 2013; MAJUNDAR; ROBERGS, 2011; ERIKSEN et al., 2009; BEZODIS, 2009).

Vale ressaltar que dentre estas pesquisas mais recentes, uma única preocupou-se em verificar a eficácia de saídas que tiveram como condições experimentais diferentes posições dos MMSS relativamente ao nível da pista (80° e 90°). Nesse estudo, houve a preocupação tão somente de testar e analisar as condições de saída curta (SC) e saída longa (SL), concluindo o autor que a saída longa com membros superiores (MMSS) em 90° apresenta melhor eficácia (SCHOT; KNUTZEN, 1992). Importante considerar que nas condições experimentais desses estudos, não foram utilizados como referência a distância do bloco dianteiro à linha de saída ou mesmo o posicionamento dos ombros em relação a linha de saída.

Velocistas apresentam na saída, preferência por diferentes espaços interpedais, diferentes distâncias dos pedais à linha de saída e diferentes posições dos MMSS relativamente à linha de saída.

Desse modo, ainda que tenhamos estudos que investigaram algumas implicações das condições de saídas no atletismo, não parece estar claro possíveis efeitos de outras variáveis, uma vez que, diferentes posicionamentos do centro de massa (CM), permitem que os atletas exerçam maior ou menor pressão dos pés nos pedais do bloco, alterando a ativação muscular e conseqüentes ações motoras que podem modificar o desempenho dos atletas.

Assim, faz-se necessário ampliar o espectro de investigação sobre essa temática, a fim de explorar novos achados com base em parâmetros biomecânicos e neuromusculares, que possibilitem melhor entendimento de como os diferentes tipos de saída baixa (SC, SM e SL), caracterizados por diferentes distâncias dos pedais à linha de saída e posições dos ombros à linha de saída, poderão contribuir com a melhora no desempenho desse tipo de prova.

## **1.2 OBJETIVOS**

Para o desenvolvimento desta Tese foi adotado o modelo alternativo (escandinavo), pelo qual a contextualização do problema deu origem ao estabelecimento de três objetivos, os quais nortearam a construção de três diferentes artigos.

Inicialmente, a primeira parte (Capítulo II - artigo 1), caracteriza-se como sendo um estudo exploratório bibliográfico básico, contendo um artigo de revisão narrativa que apresenta de forma geral o estado da arte, onde se destaca os conhecimentos fundamentais sobre os aspectos técnicos, biomecânicos e neuromusculares da saída baixa em provas de velocidade no atletismo. Numa segunda parte, caracteriza-se como pesquisa experimental transversal, contendo dois artigos originais (capítulos III - artigo 2 e IV - artigo 3), sendo que o primeiro apresenta uma análise de variáveis cinemáticas, e o segundo, apresenta uma análise da atividade EMG de músculos dos membros inferiores (MMII).

Espera-se que o presente estudo possa contribuir com o conhecimento de técnicos e atletas, para que intervenham na prática, melhorando assim o desempenho de atletas na saída de bloco.

Assim, os objetivos do presente estudo serão analisados a partir da redação dos artigos seguintes, que contemplam cada um os seus métodos, e serão

submetidos a periódicos indexados, de acordo com a normatização exigida especificamente:

**ARTIGO 1:** Aspectos técnicos, biomecânicos e neuromusculares na saída baixa em provas de velocidade no atletismo: uma revisão de literatura.

**Objetivo:** Obter informações sobre o estado da arte dos aspectos técnicos, biomecânicos e neuromusculares durante a saída em provas de velocidade.

**ARTIGO 2:** Análise cinemática 3D em diferentes tipos de saída para prova de 100 m rasos no atletismo.

**Objetivo:** Analisar por meio da cinemática 3D, o comportamento de variáveis cinemáticas de centro de massa e espaço-temporais e do tempo de deslocamento nos 10 m e 20 m, nas condições de saída de bloco curta, média e longa para prova de 100 m rasos no atletismo, tendo por base a distância dos pedais à linha de saída e diferentes posições dos ombros.

**ARTIGO 3:** Atividade eletromiográfica em diferentes tipos de saída para prova de 100 m rasos no atletismo.

**Objetivo:** Analisar a atividade EMG dos músculos gastrocnêmio medial, reto femoral e porção longa do bíceps femoral, nas condições de saída de bloco curta, média e longa para prova de 100 m rasos no atletismo, tendo por base a distância dos pedais à linha de saída e diferentes posições dos ombros.

## 1.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 1.3.1 Procedimentos do estudo exploratório

Para condução do estudo exploratório bibliográfico básico (revisão literária não sistemática), as informações foram coletadas de artigos originais e de revisão, livros, trabalhos publicados em congressos e websites.

A primeira etapa consistiu na seleção de palavras-chave e termos que foram empregados isoladamente e/ou em combinação: *sprint start*, *biomechanics*, *electromyography*, *starting blocks*, *crouched start*, *block velocity*, *block acceleration*, *kinematic*. Para combinar os termos, empregaram-se operadores Booleanos [AND, OR, NOT].

Todos os termos selecionados foram inseridos nas bases de dados ou banco de dados previamente selecionadas. Dentre outros foram utilizados Elsevier, Medline, PubMed e SportDiscus, que juntos publicam a maior parte dos artigos sobre desempenho esportivo. Além das bases, as pesquisas foram realizadas em plataformas de eventos científicos, anais de congressos, teses, dissertações e livros. Os acessos foram realizados principalmente por meio do portal de periódicos da CAPES e dos serviços ofertados pela Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina. Inicialmente foram separadas 527 literaturas utilizando as palavras chave, posteriormente foram selecionadas 88 que apresentavam relação direta com o tema e após um refinamento foram utilizadas 41 literaturas consideradas as mais relevantes para o estudo de revisão.

### 1.3.2 Procedimentos dos estudos experimentais

#### 1.3.2.1 Delineamento experimental

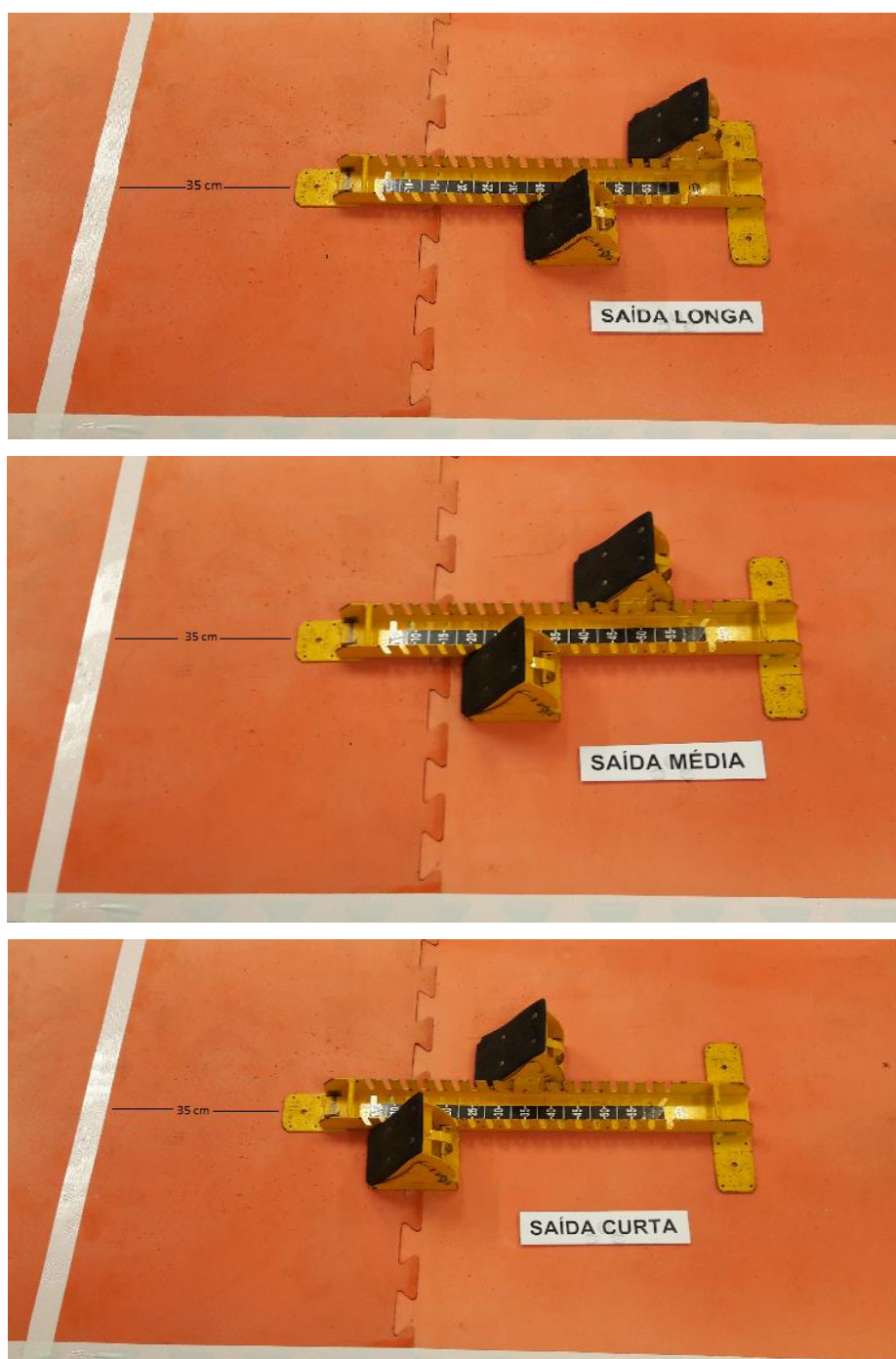
A coleta de dados dos estudos experimentais foi realizada em uma pista de atletismo oficial de material sintético, utilizando bloco com dimensões oficiais da IAAF, e no Laboratório de Avaliação Física do Departamento de Ciências do Esporte do Centro de Educação Física e Esporte (CEFE) da UEL, bem como conduzida por profissionais treinados (docentes e alunos de pós-graduação).

A amostra foi composta por 15 atletas com  $21,5 \pm 4,7$  anos, pertencentes às equipes de atletismo de Londrina, Cambé e Maringá (Paraná-Brasil), com tempo médio nos 100 m de  $11,25 \pm 0,37$  s. Estavam em período de treinamento pré-competitivo e utilizaram roupas e sapatos de pregos adequados para a prática do atletismo. Os participantes tomaram conhecimento dos procedimentos e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Posteriormente, foram submetidos à medidas antropométricas e de composição corporal no laboratório. O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, sob nº CAAE 30235814.0000.5231.

Em seguida os mesmos se deslocaram à pista de atletismo, onde realizaram testes em três condições experimentais que foram nominadas de saída curta (SC), saída média (SM) e saída longa (SL). Cada atleta realizou três repetições em cada condição aleatoriamente (randomizadas), com intervalo de 3 a 5 minutos, onde também a percepção subjetiva de recuperação entre cada uma das repetições foi respeitada. Antes de cada condição de saída os sujeitos realizaram aquecimento em condições habituais. Os comandos de saída foram realizados conforme a regra 162 da IAAF 2016-2017 e um sinal sonoro foi emitido. Também foi solicitado aos sujeitos que pressionassem os pés contra os pedais do bloco e que dessem o seu máximo na saída até completar 20 metros.

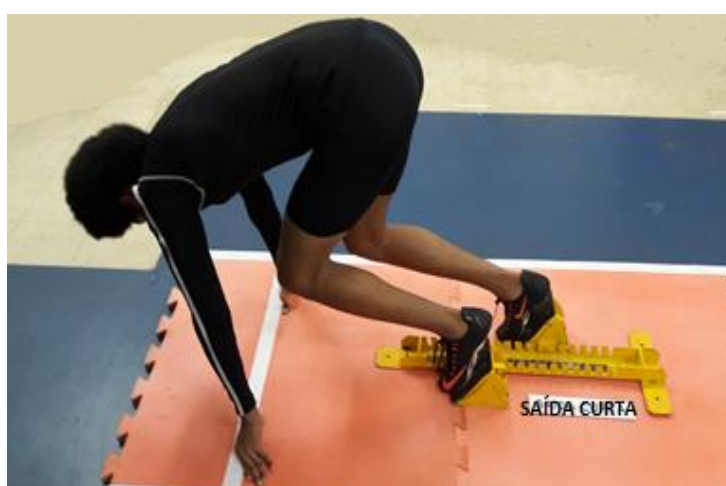
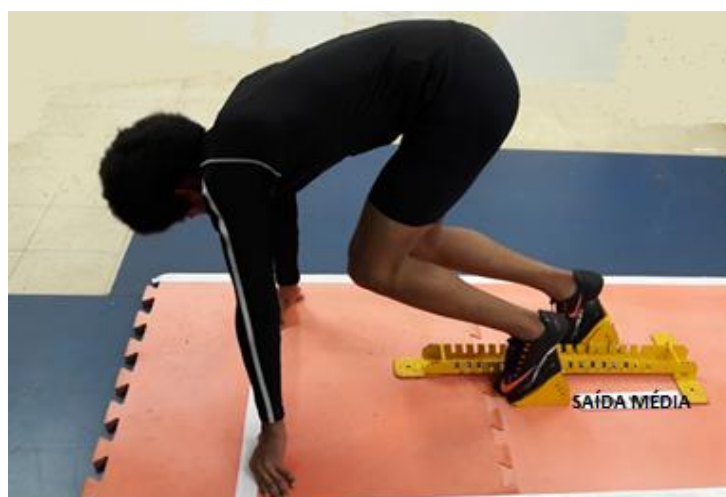
A distância interpedais preferencial utilizada no dia a dia pelos sujeitos foi respeitada nos testes. Para isso, cada participante posicionou-se no bloco de acordo com as suas preferências cotidianas de treino, sendo suas medidas anotadas (Anexo 3). A distância do espaço interpedais preferencial de cada atleta foi repetida nas 3 condições de saída (Figura 1) e teve média de  $22,1 \pm 3,1$  cm. A distância da parte frontal do bloco à linha de saída foi fixada em 35 cm para todas as três condições testadas.

**Figura 1** – Blocos posicionados nas três condições de saída testadas no estudo (SC, SM e SL).



Para estabelecer as condições de saída para cada atleta foi observado a posição interpedais e a posição dos ombros de cada participante em relação à linha de saída: à frente para SC, sobre para SM e atrás para SL (Figura 2).

**Figura 2** – Atleta posicionado no bloco nos diferentes tipos de saída, tendo por base a distância dos pedais à linha de saída e o posicionamento dos ombros em relação à linha de saída, à frente para SC, sobre para SM e atrás para SL.



A média de distância entre o pedal dianteiro e a linha de saída foi para a SC de  $48,6 \pm 2,8$  cm (mín. 44 e máx. 54 cm), para a SM de  $58,0 \pm 4,0$  cm (mín. 48,5 e máx. 64 cm), e para a SL de  $67,7 \pm 5,3$  cm (mín. 52 e máx. 74 cm).

O membro inferior direito ou esquerdo preferencial de cada participante no pedal traseiro foi respeitado para todas as condições. Experimentação prática de cada condição de saída foi realizada pelos atletas antes dos testes.

Dados de cinemática, EMG e tempo por fotocélula nos 10 e 20 m foram coletados nas três condições experimentais de forma simultânea, mas não sincronizadas (Figura 3). Os dados foram registrados por softwares específicos de cada um dos equipamentos.

**Figura 3** – Posição de saída para registro simultâneo da cinemática, EMG e fotocélula.



Três tendas foram posicionadas sobre a pista de atletismo e utilizadas para realização dos testes. Os blocos foram posicionados em uma tenda principal de 100 m<sup>2</sup> que também abrigou os equipamentos, avaliadores e sujeitos da amostra (Figura 4). Fechamento lateral foi necessário para utilização do Sistema de Câmeras OptiTrack. Duas tendas de 9 m<sup>2</sup> cada foram utilizadas para proteger as células fotoelétricas (fotocélulas) nos 10 m e 20 m após a linha de saída.

**Figura 4** – Tendas utilizadas na coleta simultânea da cinemática, EMG e tempo de deslocamento (fotocélulas).



#### 1.3.2.2 Procedimentos para medidas antropométricas e composição corporal

Para medida de altura total (estatura) foi utilizado estadiômetro Sanny®, com precisão de 0,1 cm. O avaliado estava descalço e com o mínimo de roupa possível para que tornasse visível a posição de seu corpo. Para realizar a medida foi seguido o protocolo descrito por Guedes e Guedes (2006). Os números obtidos foram registrados em formulário.

Para medidas de massa corporal e composição corporal (massa magra e gordura corporal), foi utilizado pletismógrafo de corpo inteiro (*air displacement plethysmography, BOD POD® body composition system*; Life Measurement Instruments, Concord, CA) (Figura 5). Balança acoplada ao aparelho foi aferida utilizando-se um referencial de 20kg. A avaliação foi realizada de acordo com os critérios descritos no manual do equipamento por Fields *et al.*, (2004) e a composição corporal calculada de acordo com a equação de Siri (1961). Os dados foram registrados no software do equipamento e posteriormente transportados para análise em uma planilha do programa Excel®.

**Figura 5** - Pletismógrafo de corpo inteiro utilizado para medidas de massa e composição corporal.



#### 1.3.2.3 Procedimentos para coleta da cinemática

Análise cinemática 3D foi realizada em todas as saídas válidas para cada uma das condições (SC, SM e SL). Um sistema de captura de movimento OptiTrack<sup>®</sup> composto por 6 câmeras operando a 240 Hz posicionadas sobre tripés à uma altura de 1,5 m enquadraram o ambiente da coleta. Software Motive Body<sup>®</sup> foi utilizado para identificar automaticamente os marcadores fixados nos pontos anatômicos dos sujeitos. Software Matlab<sup>®</sup> foi usado para cálculo de variáveis de centro de massa (CM) e espaço-temporais (ET). Marcadores reflexivos com diâmetro de 1,5 cm cada, foram fixados em 18 acidentes anatômicos (Figura 6): parte superior do crânio (vértex), sétima vértebra cervical (supraesternal) e acrômio clavicular, epicôndilo lateral do úmero, centro da articulação do punho, trocânter maior do fêmur, epicôndilo lateral do fêmur, maléolo lateral, calcâneo e hálux de ambos os hemis corp os.

**Figura 6** – Marcadores reflexivos posicionados nos pontos anatômicos para análise cinemática.

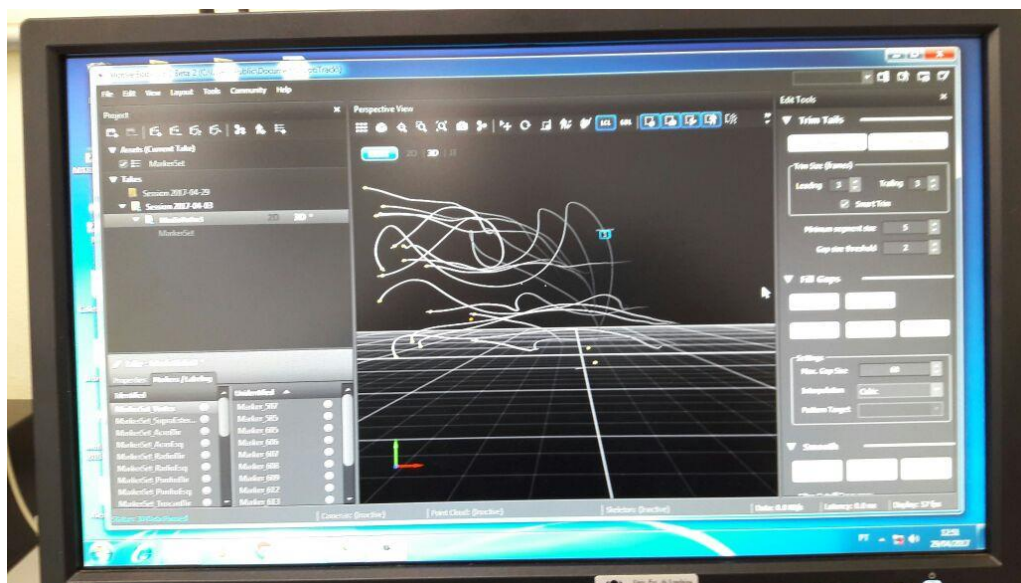


A partir da identificação dos pontos anatômicos em função do tempo, o corpo foi modelado com 12 segmentos (cabeça, tronco, braços, antebraços, coxas, pernas e pés). Os membros inferiores (MMII) foram diferenciados como sendo traseiro e dianteiro, respeitada a preferência individual dos sujeitos (MMII direito ou esquerdo) nos pedais do bloco de saída.

As trajetórias dos marcadores reflexivos nas fases de saída até completar a primeira passada foram analisadas utilizando o software Motive Body<sup>®</sup>, observados o primeiro movimento da cabeça até o momento que o pé apoiado no pedal dianteiro tocou o solo novamente (Figura 7). A partir das coordenadas 3D de cada ponto reconhecido em função do tempo, tendo em conta os parâmetros inerciais individuais obtidos, foi calculado o CM na saída até completar a primeira passada (DE LEVA,1996). Componentes horizontal, vertical e médio-lateral do CM ( $V_x$ ,  $V_y$  e  $V_z$ ) também foram calculadas.

Para fim de análise, foram calculadas as seguintes variáveis ET: comprimento do primeiro passo (CPP), comprimento do segundo passo (CSP), largura do primeiro passo (LPP), largura do segundo passo (LSP) e a cadência da primeira passada (CAD).

**Figura 7** – Análise no software Motive Body® a partir do primeiro movimento na saída até completar uma passada.



#### 1.3.2.4 Procedimentos para coleta da EMG

O registro dos sinais da EMG dos músculos gastrocnêmio medial (GM), reto femoral (RF) e bíceps femoral porção longa (BF<sub>PL</sub>) de ambos os MMII, foi realizado por um eletromiógrafo modelo Trigno™ Wireless EMG System (Delsys®) (Figura 8), composto por 4 barras paralelas de Prata (Ag) com distância intereletrodos de 10 mm, dimensões dos eletrodos 276 x 241 x 127 mm, conversor analógico/digital (A/D) de 16 bits de resolução, capacidade de transmissão de 20 metros de distância, com taxa de Aquisição 2000 Hz e razão de rejeição de modo comum (CMRR) > 80 dB. O software de processamento de dados foi o EMGworks® 4.3.0.

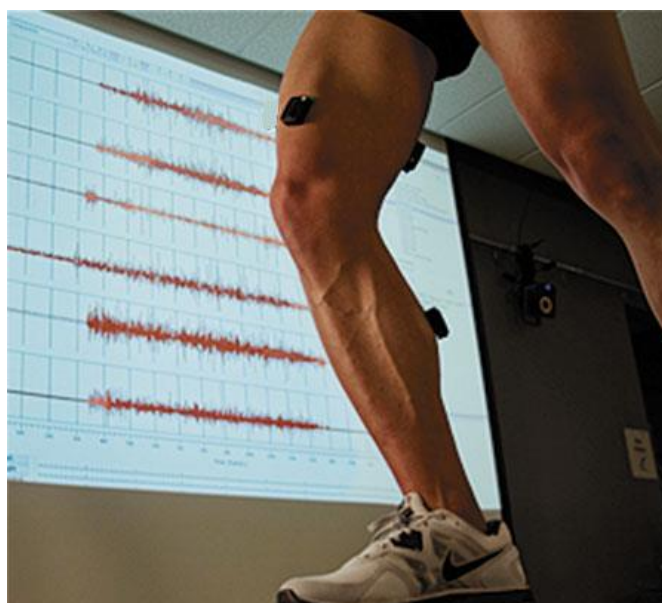
A atividade EMG foi registrada em cada uma das condições experimentais (SC, SM e SL) que foram repetidas por 3 vezes. Para tanto, foram analisadas as três primeiras contrações de cada músculo, em ambos os MMII posicionados no apoio pedal traseiro e dianteiro. Para análise da atividade EMG foram utilizadas todas as saídas válidas em cada uma das condições experimentais.

**Figura 8** – Eletromiógrafo wireless modelo Trigno™ e software MG Works® utilizados para captura e registro dos sinais EMG (adaptado da Delsys®).



Inicialmente, foi realizada assepsia dos locais utilizando álcool seguido de curetagem para reduzir a impedância. Os eletrodos foram fixados sobre o ventre dos músculos como sugerido pela padronização SENIAM (HERMENS et al., 2000; MARCHETTI; DUARTE, 2006) e a distância intereletrodos fixada pelo fabricante (Figura 9).

**Figura 9** – Eletrodos ativos para registro da atividade EMG via wireless, posicionados sobre músculos da coxa e perna (adaptado da Delsys®).



Para evitar a queda dos eletrodos, a fixação foi reforçada com fita adesiva Hypafix® de alta aderência. Por tratar-se da análise de contração isotônica, a normalização dos sinais foi realizada pelo pico EMG em cada um dos músculos (BURDEN et al., 2003).

Na análise dos sinais EMG de cada músculo em cada condição, foram utilizados valores médios da RMS (*root mean square*) em microvolts ( $\mu\text{V}$ ) (CAMATA et al., 2011). Para obtenção dos valores expressos em RMS, os sinais EMG brutos foram submetidos à filtragem digital utilizando filtro passa-banda de 20 Hz e 450 Hz e em seguida, retificados e suavizados. No processamento dos dados foi utilizado ambiente de simulação matemática MatLab 7.0 (Mathworks®, South Natick, MA, USA).

#### 1.3.2.5 Procedimentos para coleta do tempo de deslocamento

Para obtenção do tempo de deslocamento nos 10 m e 20 m após as saídas foram utilizadas 3 barreiras fotoelétricas (fotocélulas) com sensores de cronometragem sem espelho da marca Hidrofit® (Minas Gerais, Brasil) (Figura 10), que foram posicionadas sobre tripés, na linha de saída a 0,35 m de altura e nos 10 m e 20 m a 1,10 m de altura.

**Figura 10** – Fococélula sem espelho modelo Hidrofit Multisprint®, utilizada para registro do tempo nos 10 m e 20 m.



As fotocélulas foram conectadas por fio a um computador pessoal (PC) com software Multisprint<sup>®</sup> que efetuou o registro dos tempos. O tempo dos sujeitos foram registrados em milissegundos (ms) em 3 repetições para cada uma das diferentes condições experimentais (SC, SM e SL).

### 1.3.3 Tratamento estatístico

Para estatística de análise da normalidade foi empregado o teste de Shapiro-Wilk. Para verificar o pressuposto de esfericidade foi utilizado o teste de Mauchly, quando não atendida, foi utilizado os valores de F e P para as correções dos graus de liberdade propostos por Greenhouse-Geisser e Huynd-Feldt. Para análise das variáveis de CM, T, ET e atividade eletromiográfica em cada tipo de saída, foi empregada análise de variância para medidas repetidas (ANOVA) seguidas do post-hoc de múltiplas comparações de Sidak. O teste de Spearman foi utilizado nas variáveis de CM e ET para correlação com tempo de deslocamento nos 10 m e 20 m nas 3 condições de saída. Os resultados foram agrupados e apresentados em valores de média e desvio-padrão. Os dados foram analisados e apresentados utilizando os softwares estatísticos SPSS 20 e GraphPad Prism 6. O valor de significância adotado foi de  $p < 0.05$ .

## 1.4 REFERÊNCIAS

1. ASSOCIAÇÃO INTERNACIONAL DAS FEDERAÇÕES DE ATLETISMO - IAAF / Confederação Brasileira de Atletismo - **CBAt: Regras oficiais de competição 2016-2017**. Disponível em: <[www.cbat.org.br](http://www.cbat.org.br)>
2. BEZODIS, N. E. **Biomechanical investigations of sprint start technique and performance**. 2009. 281 f. (Doutorado em Filosofia) University of Bath, Bath, United Kingdom.
3. BEZODIS, N. E.; SALO, A. I. T.; TREWARTHA, G. Choice of sprint start performance measure affects the performance-based ranking within a group of sprinters: which is the most appropriate measure? **Sports Biomechanics**, v. 9, n. 4, p. 258-269, nov. 2010.
4. BURDEN, A. M.; TREW, M.; BALZPOULOS, V. Normalisation of gait EMGs: a re-examination. **Journal of Electromyography and Kinesiology**. v.13, p. 519–532, 2003. Disponível em: <[www.elsevier.com/locate/jelekin](http://www.elsevier.com/locate/jelekin)>.
5. CAMATA, T. V.; ALTIMARI, L. R.; BORTOLOTTI, H.; DANTAS, J. L.; FONTES, E. B.; SMIRMAUL, B. P. C.; OKANO, A. H.; CHACON-MIKAHIL, M. P. T.; MORAES, A. C. Electromyographic Activity and Rate of Muscle Fatigue of the Quadriceps Femoris During Cycling Exercise in the Severe Domain. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, p. 2537-2543, 2011.
6. DE LEVA, P. Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanov's segment inertia parameters. **Journal of Biomechanics**. v. 29. n. 6, p. 1223-1230, 1996.
7. ERIKSEN H. K.; KRISTIANSEN J.R.; LANGANGEN O.; E WEHUS I.K. How fast could Usain Bolt have run? A dynamical study. **American Journal de Physiology**. v. 77, n. 3, p. 224-228, mar. 2009.
8. GINCIENE, G; MATTHIESEN, S. Q. O sistema de partida em corridas de velocidade no atletismo. **Motriz, Rio Claro**, v. 18 n. 1, p. 113-119, jan/mar. 2012.
9. GUEDES, D.P.; GUEDES, J.E.R.P. **Manual prático para avaliação em educação física**. São Paulo, Ed. Manole, 2006.
10. HARLAND, M.; STEELE, J. Biomechanics of the sprint start. **Sports Medicine**. V. 23, p. 11-20, 1997. <<http://link.springer.com/article/10.2165/00007256-199723010-00002>>.

11. HARRISON, D.; COMYNS, T. **Biomechanics of the Sprint Start**. The University of Limerick, Ireland. Disponível em: < [www.coachesinfo.com/information and education for coaches](http://www.coachesinfo.com/information-and-education-for-coaches)> Acesso em: 14 jul. 2014.
12. HERMENS, H.J.; FRERIKS, B.; DISSELHORST-KLUG, C.; RAU, G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, vol. 10, n. 5, p. 361-374, 2000.
13. ILBEIGI, S.; GHELEWE, B. VAN. Three-dimensional displacement of the center of gravity during the sprint start. **Faculty of Physical Education and Sport Sciences**, University of Birjand , Birjand , Iran Scholars Research Library, v. 4, n. 1, p. 32–38, 2015.
14. LYNCH, Martin. **Sprint starting**. 2003. Disponível em: <[www.lollylegs.com/training/Starting.aspx](http://www.lollylegs.com/training/Starting.aspx)>. Acesso em: 28 nov. 2014.
15. MAJUMDAR, A. S.; ROBERGS, R. A. The Science of Speed: Determinants of Performance in the 100m Sprint. **International Journal of Sports Science & Coaching**, v. 6 n. 3; p. 479-493, set. 2011.
16. MARCHETTI, P. H.; DUARTE, M. **Instrumentação em eletromiografia**. Laboratório de Biofísica, Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo. 2006. Disponível em: <<http://lob.iv.fapesp.br>>.
17. MATTHIESEN, S. Q. **Atletismo: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2007. p. 50-51.
18. OZSU, I. Biomechanical structure of sprint start and effect of biological feedback methods on sprint start performance. **Turkish Journal of Sport and Exercise**, v. 16, n. 1, p. 71–77, jun., 2014.
19. PROSPERO, V. **Sprint time differences between: 4 pt. block start, 4 pt. non-block Start, and standing start**. 2013 54 f. Dissertação de Mestrado em Educação, Artes, Ciências do Esporte e Performance Humana, Knoxville: University of Tennessee, 2013.
20. SCHOT, P. K.; KNUTZEN, K. M. A biomechanical analysis of four sprint start positions. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 63, n. 2, p. 137–47, 1992. Disponível em:

## 2 CAPÍTULO II

### ARTIGO 1: ASPECTOS TÉCNICOS, BIOMECÂNICOS E NEUROMUSCULARES NA SAÍDA BAIXA EM PROVAS DE VELOCIDADE NO ATLETISMO: UMA REVISÃO DE LITERATURA

#### 2.1 RESUMO

Desde que foi introduzida extraoficialmente nos eventos de atletismo no ano de 1928, a saída baixa com bloco em provas de velocidade tem sido alvo de investigações científicas em diferentes perspectivas, já que a sua eficácia pode ser determinante no resultado final de uma prova. Assim, o presente estudo teve por finalidade promover uma revisão bibliográfica, utilizando-se de diversos meios disponíveis em bibliotecas, bases de dados e websites, com o objetivo de obter informações de pesquisas, nas quais tentou-se elucidar questões apontadas como responsáveis no desempenho de atletas durante a saída em provas de velocidade. Foram encontradas investigações que principalmente analisaram parâmetros cinemáticos, cinéticos e eletromiográficos (EMG). O intento sempre foi de apontar soluções aos problemas existentes, que possam auxiliar na performance dos atletas nas fases de saída e de aceleração. Na análise dos resultados, discussões e conclusões de diversos autores, observou-se inferência a um grande número de variáveis, que podem alterar a qualidade de uma saída baixa com bloco. Concluiu-se que a posição dos pedais traseiro e dianteiro, o tempo de reação, o posicionamento do centro de massa (CM) na posição de saída (comando “prontos”), o deslocamento horizontal do CM, a velocidade resultante do CM, as angulações articulares de joelho, quadril e tornozelo, a inclinação dos pedais do bloco, a pressão dos pés exercida nos pedais, o tempo de ação exercida sobre o bloco, a amplitude e frequência das passadas, o tempo nas fases de contato com o solo e o tempo de voo nas passadas, demonstraram ser os fatores (variáveis) que mais proporcionam alterações no desempenho de atletas, nas fases de saída e aceleração em provas de velocidade no atletismo.

**Palavras-chave:** Atletismo, saída com blocos, aceleração, cinemática, eletromiografia.

## 2.2 INTRODUÇÃO

No fenômeno esporte de maneira geral e particularmente nas provas de velocidade da modalidade de atletismo, vencedores e perdedores são conhecidos em razão de mínimas diferenças obtidas no tempo final.

Entre os diversos parâmetros determinantes do resultado nas provas de velocidade do atletismo, a fase de saída do bloco, relaciona-se diretamente com o resultado final, bem como, com a produção de alta velocidade de deslocamento (SLAWINSKI et al., 2012).

Um ótimo desempenho na saída das provas de velocidade pode ser dependente de parâmetros estruturais, tais como o ajustamento do espaço interblocos (interpedais) e do respectivo ângulo de inclinação dos blocos. De acordo com as regras, cada atleta é livremente autorizado a fazer ajustes no bloco, sendo que esta decisão é tomada geralmente em consideração às medidas antropométricas do atleta e/ou a autopercepção do tipo de saída mais eficiente para cada um.

Em virtude da natureza empírica na seleção dos ajustes da saída, bem como da polêmica nos ambientes acadêmico e esportivo estimulados pela grande quantidade de variantes na estruturação na saída baixa para provas de velocidade, observou-se um grande volume de estudos realizados para compreender o impacto da saída no desempenho final do atleta.

De maneira geral, desenhos metodológicos experimentais correspondem a tentativas de traçar a melhor estratégia para testar as hipóteses nesta temática. Em comum, um problema enfrentado nas investigações refere-se ao tamanho amostral. Verificou-se que a maioria dos estudos realizados apresentam amostra menor que 20 sujeitos, e em alguns casos específicos, apenas um sujeito amostral.

Uma segunda dificuldade enfrentada nos estudos da saída baixa em provas de velocidade é a tomada de decisão sobre os parâmetros e condições determinantes para o desempenho do atleta. Adicionalmente, com os avanços tecnológicos é comum encontrar estudos com um grande volume de variáveis analisadas, demonstrando assim, a dificuldade de encontrar soluções para a eficiência na saída com bloco (BEZODIS, 2009).

O tempo de reação (TR) dos atletas é uma das fases da saída que tem despertado grande interesse de diversos pesquisadores. De acordo com as regras

da IAAF, o tempo de reação na saída não pode ser menor do que 100 milissegundos (ms), sendo que caso isso aconteça, a saída do atleta infrator será invalidada (queimada) e o mesmo será desclassificado da prova.

Para Coh, Peharec e Bacic (2009), a transição da fase de saída para a fase de aceleração constitui uma série complexa de movimentos (TR mais tempo de ação no bloco) que requer alto nível de ativação muscular e uma efetiva coordenação motora cíclica e acíclica.

As dificuldades observadas para relacionar o TR ao desempenho, são evidentes, devido à discordância nos resultados dos estudos. No entanto, Tonessen, Haughen e Shalfawi (2013) encontraram relação significativa entre o TR e o tempo total nos 100 metros rasos ( $r = 0.292$  e  $0.328$ ;  $p < 0,01$ ), em uma investigação não experimental em 1.319 atletas do sexo masculino e feminino de diversos países, durante o período de 2003 a 2009. Um segundo estudo, detectou correlações significativas e positivas, porém fracas, entre o TR dos membros inferiores e o tempo médio dos 100 metros rasos em grupo de atletas federados (MIYAMOTO; MEIRA Jr. 2004).

Contrariamente, Lopez, Álamo e Padulles (2013) não observaram diferenças estatísticas significativas entre o TR e o tempo final nas provas de 110m sobre barreiras e 200 metros rasos, tanto em homens assim como em mulheres atletas, velocistas e barreiristas de alto nível, nas categorias menores, juvenil e adulto. Os dados foram obtidos nas finais dos Campeonatos Mundiais da IAAF de Daegu 2011, Montreal 2010 e Lille 2011, das categorias Adultos, Juniors e Menores respectivamente. Adicionalmente, não foram encontradas diferenças estatísticas significativas no TR na comparado nas três categorias. Os resultados demonstram que o TR para adultos, juniores e menores são muito similares.

Dados publicados contendo o TR de finalistas olímpicos mostram evidências que o jamaicano *Usain Bolt* não possui o melhor desempenho nessa variável específica, apesar dos seus dois recordes mundiais individuais e um coletivo (ERIKSEN et al., 2009). Este fato reforça que isoladamente o TR após o tiro de saída, não explica o resultado final de uma prova, apesar de alguma relação.

Coh, Delenec e Colja (2008) enfatizam que as duas primeiras fases das provas de velocidade (saída e aceleração), são fatores chaves para uma boa performance de atletas velocistas. Para alguns estudiosos, o resultado final da prova

é dependente de uma saída eficaz, e com isso, recomendam o treinamento específico das técnicas de saída baixa, buscando a homogeneidade e otimização dos resultados (REIS et al., 2007).

Considerando o grande volume de informações, nota-se a importância da boa escolha das variáveis de cada estudo, dos métodos de mensuração e da análise dos dados (BEZODIS, 2009). Cuidados são necessários para evitar erros metodológicos, e deve-se utilizar os recursos tecnológicos à disposição com maior responsabilidade e precisão possível. Sendo a EMG um dos recursos utilizados na análise de tipos de saída, os procedimentos para seu uso devem ser corretamente padronizados por normas pré-estabelecidas, as quais reduzem a margem de erros.

Em estudo em que foi observada a atividade EMG e fatores dinâmicos durante a saída, relatou-se tempo de produção de força de 34% na perna traseira e 66% na perna dianteira (COH et al. 2009). A maior ativação no momento da saída de acordo com a EMG analisada, foi observada no eretor da espinha, vasto lateral e gastrocnêmio medial da perna esquerda, que se encontrava no pedal dianteiro. No entanto, foram os glúteos máximos que apresentaram maior ativação no início da produção de força no bloco.

Apesar da relevância e do grande volume de estudos já produzidos, a seleção da melhor técnica de saída permanece individualizada e fundamentada em informações antropométricas ou adaptações do atleta. As tentativas de tornar a decisão menos empírica, ainda não atingiu os resultados necessários para comprovar definitivamente o nível de impacto de cada padrão (tipo) de saída no desempenho final do atleta. Assim, com a intenção de ampliar conhecimentos sobre o tema, o presente estudo tem por objetivo apresentar informações literárias provenientes de estudos experimentais e de revisão, sobre os aspectos técnicos, biomecânicos e neuromusculares relacionados à saída em provas de velocidade no atletismo.

## **2.3 MÉTODOS**

Para condução do estudo exploratório bibliográfico básico (revisão literária não sistemática), as informações foram coletadas de artigos originais e de revisão, livros, trabalhos publicados em congressos e websites.

A primeira etapa consistiu na seleção de palavras-chave e termos que foram empregados isoladamente e/ou em combinação: *sprint start*, *biomechanics*, *electromyography*, *starting blocks*, *crouched start*, *block velocity*, *block acceleration*, *kinematic*. Para combinar os termos, empregaram-se operadores Booleanos [AND, OR, NOT].

Todos os termos selecionados foram inseridos nas bases de dados ou banco de dados previamente selecionadas. Dentre outros foram utilizados Elsevier, Medline, PubMed e SportDiscus, que juntos publicam a maior parte dos artigos sobre desempenho esportivo. Além das bases, as pesquisas foram realizadas em plataformas de eventos científicos, anais de congressos, teses, dissertações e livros. Os acessos foram realizados principalmente por meio do portal de periódicos da CAPES e dos serviços ofertados pela Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina. Inicialmente foram encontradas 527 literaturas, posteriormente foram selecionadas 88 que apresentavam relação direta com o tema e após um refinamento foram utilizadas 41 literaturas consideradas as mais relevantes para o estudo.

## **2.4 TIPOS DE SAÍDA**

A saída baixa (com bloco) requer um estereótipo motor complexo, com um alto grau de integração dos processos de regulação central do movimento e um ótimo nível de desenvolvimento das capacidades motoras (COH et al., 2009).

Para fins de análise de diferentes tipos de saída em provas de velocidade no atletismo, tem sido utilizados em estudos experimentais diversos parâmetros de pesquisa: cinemáticos, cinéticos e registro de tempo (SCHOT; KNUTZEN, 1992; SI; YAN; LIU, 2010; BEZODIS; SALO; TREWARTHA, 2010; SLAWINSKI et al., 2012; SARKAR; DAS; BHOWMICK, 2012; SLAWINSKI et al., 2013), e eletromiográficos (MERO; KOMI, 1990; JACOBS; SCHENAU 1992; PAIN; GUISSARD; DUCHATEAU; HAINAUT, 1992; HIBBIS 2007; COH et al., 2009;), observando-se assim, que muitas tem sido as variáveis analisadas para tentar definir o melhor tipo de saída.

Paralelamente, estudos de revisão de literatura também fazem menção a grande quantidade de variáveis utilizadas para tentar elucidar as questões sobre a

eficácia nos diferentes tipos de saída propostos para as provas de velocidade no atletismo.

De acordo Coh et al. (2009), a saída com blocos se apresenta como mais efetiva que a saída alta (de pé), pois permite um posicionamento do centro de gravidade do corpo (CGC) mais à frente do apoio dos pés, e sendo assim, o corredor deverá acelerar mais rapidamente no momento do sinal de partida ou então sofrerá uma queda ao solo.

Três diferentes tipos de saída baixa com bloco têm sido claramente identificados por diversos autores (Quadro 1). São elas as saídas curta, média e longa. Esses três tipos de saída são caracterizados pela posição interpedais, ou seja, a distância do pedal de apoio do pé dianteiro ao pedal de apoio do pé traseiro. (HARLAND; STEELE, 1997; LYNCH, 2003; HARRISON; COMYNS, 2005; MATHIESEN, 2007; SI; YAN; LIU, 2010; MAJUNDAR; ROBERGS, 2011; SLAWINSKI et al., 2012; SARKAR; DAS; BHOWMICK, 2012; SLAWINSKI et al., 2013).

Uma exceção encontrada foi no estudo de Schot e Knutzen (1992), no qual além da distância interpedal na saída curta e saída longa, houve a preocupação em analisar a posição dos membros superiores (MMSS) relativamente à linha de saída e ao nivelamento da pista (perpendicular em 90° e 80°).

Em estudo de revisão, Harland e Steele (1997), discriminam as medidas interpedais como: < 30 cm para a saída curta, entre 30 e 50 cm para a saída média e > 50 cm para a saída longa. Adicionalmente, consideram os seguintes fatores como importantes para uma boa saída: menor tempo no bloco, maior potência durante a saída e máxima aceleração após a saída. Sugerem os autores que tais fatores observados devem ser melhor estudados em diferentes condições de saída.

Em razão da existência de diferenças na estatura e no comprimento dos membros inferiores dos atletas, recomenda-se muito cuidado ao estabelecer parâmetros que irão caracterizar as saídas curta, média e longa. Assim, considerando o melhor conforto dos atletas ao comando de “prontos”, aqueles mais altos e com pernas mais longas, tenderão a colocar os pedais mais distantes da linha de saída, ainda que isto não seja uma regra.

No entanto, entende-se que outros parâmetros podem ser utilizados para caracterizar os diferentes tipos de saída, tais como a distância entre o bloco

dianteiro e a linha de saída, ou ainda, o posicionamento dos ombros do atleta em relação à linha de saída (anterior, sobre ou após a linha de saída), no momento do comando “prontos”.

No quadro 1 a seguir está demonstrado alguns estudos por meio dos quais foram analisados diferentes tipos de saída em provas de velocidade em diferentes condições e parâmetros. Nota-se que na maioria dos estudos houve a preocupação em analisar os tipos de saída curta, média e longa e que a saída média apresentou-se como a melhor na maioria das investigações.

**Quadro 1** – Estudos nos quais foram analisados diferentes tipos de saída para provas de velocidade no atletismo em diferentes parâmetros.

<b>Autores e ano</b>	<b>Idade</b>	<b>N total N: M N: F</b>	<b>Nível dos sujeitos da amostra</b>	<b>Tipos de saída</b>	<b>Deslocamento após a saída (m)</b>	<b>Parâmetros</b>	<b>Comentário da conclusão</b>
Slawinski et al. (2013)	Média de 21.1 anos	Total 09 06 M 03 F	Velocistas treinados	Curta, Média e Longa	10 m	Cinemática 3D	Saída média apresentou-se mais eficaz.
Sarkar, Das, e Bhowmick (2012)	Não apresentou	Total 32 20 M 12 F	Treinados e não treinados	Curta, Média e Longa	5 e 10 m	Tempo nos 5 e 10 metros	Saída média apresentou-se mais eficaz.
Slawinski et al. (2012).	Entre 17 e 24 anos	Total 09 06 M 03 F	Velocistas de nível nacional.	Curta, Média e Longa	5 e 10 m	Cinemática, Cinética e Tempo de Reação.	Saída longa apresentou-se mais eficaz.
Si et al. (2010)	Não apresentou	Não apresenta	Atletas	Curta, Média e Longa	Não apresenta	Biomecânica e Transdutor de Força 3D	Saída média apresentou-se mais eficaz.
Schot e Knutzen, (1992)	Média de 22.3 anos	Total 12 06 M 06 F	Velocistas e barreiristas universitários	Longa em duas condições, e curta em duas condições	2 m	Cinética, Cinemática 2D e Tempo nos 2 m.	Saída longa com braços na perpendicular à linha de saída apresentou-se mais eficaz.
Natta, Boisnoir e Cholet (2012)	Média de 25.0 anos	Total 15 M	Velocistas de alto nível, velocistas de nível intermediário e atletas não velocistas	Saída espontânea e saída com alguma perturbação	20 m	Cinemática 3D e tempo nos 20 m	A análise multivariada mostrou que as sinergias motoras são específicas para diferentes grupos de atletas.

Abreviações: N – Número; F – Feminino; M – Masculino; R- rasos; 3D – tridimensional; 2D – bidimensional; m – metros.

Observa-se assim a necessidade de dar continuidade às pesquisas experimentais que abordam diferentes condições de saída, de forma a tentar elucidar a interferência de cada variável, no momento da saída e na fase de aceleração das provas de velocidade.

## **2.5 ESTUDOS DE REVISÃO**

Estudos de investigação bibliográfica têm sido realizados ao longo do tempo, com o objetivo de dar entendimento a história e aos diversos aspectos e diferentes tipos de saída, que podem interferir no desempenho de atletas velocistas do atletismo.

Em um desses estudos, Ginciene e Matthiesen (2012), tiveram por objetivo registrar de forma didática, as modificações históricas que ocorreram no sistema de partida das provas de velocidade, desde a Grécia antiga até o ano de 2012 quando tiveram o seu estudo publicado. Concentraram sua pesquisa em livros, artigos, imagens e websites. Atentaram para a grande evolução que ocorreu tanto nas técnicas de saída, assim como nas regras para a saída, desde a sua origem. Apontam que a saída baixa com bloco de partida foi criada pelo americano George T. Bresnahan em 1927 e patenteada pelo mesmo criador em 1929 de acordo com dados obtidos do site de patentes dos Estados Unidos da América. Complementam que, no mesmo ano da obtenção da patente, a saída com blocos foi utilizada pela primeira vez publicamente, em uma prova de 100 metros rasos pelo atleta George Simpson dos EUA. No entanto o resultado não foi homologado por não estar em consonância com as regras oficiais da época. Esclarecem que no ano 1936 na Olimpíadas de Berlim, por força das regras da IAAF, não foram utilizados blocos de partida, ainda que já estivessem sendo usados em treinos. Simulando o bloco, os atletas da época faziam covas (buracos) na pista para posicionar os pés, de forma a obter maior potência na largada. Com modificações nas regras internacionais do atletismo em 1937, passou a ser obrigatória a utilização dos blocos de saída em provas de velocidade de até 400 metros, no entanto, em Jogos Olímpicos os blocos somente foram utilizados pela primeira vez em Londres no ano de 1948.

Em outra vertente, Harland e Steele (1997) identificaram 17 pesquisas que se reportavam a dados de posicionamento nos blocos e à cinemática angular na

posição de saída. Em contraponto, somente três artigos discutiam aspectos cinemáticos relativos ao momento imediatamente após a saída dos blocos (aceleração), demonstrando assim a necessidade de mais pesquisas e informações sobre como os atletas se comportam nessa fase.

Em pesquisa literária sobre os principais aspectos que determinam a velocidade nos 100 metros rasos, Majumdar e Robergs (2011), concluíram que o desempenho nos 100 metros sofre a influência de múltiplos fatores, dentre os quais estão incluídos: a estratégia da saída, o comprimento e a frequência das passadas, as demandas fisiológicas, os aspectos biomecânicos, a influência neural, a composição muscular, o perfil antropométrico e as condições da pista e do ambiente. Consideram que a saída e a aceleração dependem muito da potência muscular, e que, o tempo de reação, o tempo nos blocos e o tempo total são as bases para uma boa saída. Finalizam afirmando que a máxima velocidade é resultado da amplitude e da frequência das passadas, sendo a primeira afetada diretamente pela estatura e flexibilidade dos indivíduos, e a segunda, afetada pela composição dos músculos, pelo desenvolvimento neuromuscular e pelo treinamento.

Ozsu, (2014), conduziu pesquisa utilizando as seguintes bases de dados eletrônicas: Medline, PubMed, ISI Web, utilizando as palavras-chave: Sprint start, starting blocks, biofeedback, biomechanics, Sprint performance, propulsive force, force plate, camera, neuromuscular activation e EMG. Os artigos foram checados a partir dos seguintes critérios: somente publicações em inglês com amostra de sujeitos atletas e não atletas, saudáveis ou não saudáveis. Os resultados encontrados nos estudos biomecânicos demonstraram que a posição de saída com blocos apresenta maior variação entre os atletas treinados. Com base nos achados, sugere que diferentes tipos de saída dos blocos devem ser experimentadas. Adicionalmente, aponta que, em razão dos estudos terem sido realizados com diferentes tipos de amostragem (homens, mulheres, jovens, adultos, amadores e atletas de elite), os resultados das análises biomecânicas apresentaram variações dependentes das características morfológicas, antropométricas e biomecânicas dos indivíduos. Concluem, inferindo que os métodos de treinamento individualizado e a posição individualizada dos blocos de saída, podem proporcionar aos atletas, importante oportunidade de melhorar o desempenho nas provas de velocidade. Ressaltam, que a análise da EMG, particularmente realizada durante a fase de

propulsão da saída, deve ser considerada para a identificação de uma posição de saída mais eficiente.

Lynch (2003), em sua revisão, faz citação a diversas pesquisas conduzidas há muitos anos sobre a influência de diferentes espaços interpedais. Cita, Dickson (1932), o qual concluiu que a saída curta com 10 polegadas interpedais, apresenta-se como mais rápida do que as saídas média e longa. Apresenta também o estudo de Henry (1952), no qual afirma que a saída média com 16 polegadas interpedais proporciona maior velocidade na saída dos blocos do que a saída curta com 11 polegadas interpedais. Reporta-se também ao estudo de Sigersth e Grinaker (1962), os quais concluíram que a saída média oferece mais vantagens para os atletas velocistas do que os demais tipos de saídas.

## **2.6 ESTUDOS BIOMECÂNICOS**

As questões relacionadas à biomecânica nas técnicas de saída no 100 m rasos e desempenho de atletas, tem sido amplamente estudada ao longo dos anos, talvez por ser esta, considerada a prova mais nobre do atletismo.

A maioria dos estudos de análise cinemática na fase de saída dos blocos, faz referência aos ângulos articulares utilizados pelos velocistas na posição de saída, ou seja, ao comando “prontos” (MERO, 1988; HARLAND; STEELE, 1997; COH et al., 1998).

Velocistas tendem a utilizar ângulos similares nos joelhos e demais articulações na posição de saída. Borzov (1978 apud BEZODIS, 2009), sugere que o joelho da perna da frente esteja em ângulo aproximado de 100° e o joelho da perna de trás em ângulo aproximado de 129°. Relata a tendência dos atletas em utilizar diferentes posicionamentos na distância interpedais do bloco, assim como na distância do pedal dianteiro até a linha de saída. Isto ocorre principalmente devido às diferenças antropométricas e ao conforto de cada atleta na posição de saída.

Milanese, Bertucco e Zancanaro (2014), investigaram a propulsão em angulações do joelho (pedal traseiro) durante a saída com bloco. Onze velocistas universitários realizaram saídas utilizando três diferentes ângulos (90°, 115° e 135°) para o joelho da perna de trás. Oito câmeras digitais de 250 Hz capturaram os movimentos utilizados na análise de parâmetros cinemáticos na fase de saída e na

fase de aceleração. As variáveis analisadas foram: velocidade horizontal do centro de massa, altura do centro de massa, tempo nos blocos, tempo de pressão no bloco de trás, força de impulso, ângulo de saída e comprimento das duas primeiras passadas. Os resultados demonstraram que a velocidade horizontal no bloco é significativamente maior quando utilizaram ângulo de 90° ( $p < 0,01$ ). Não foram encontradas diferenças estatísticas significativas no tempo de bloco entre as três diferentes condições. Sugerem que a velocidade no bloco e a aceleração são parâmetros para verificar a eficiência de diferentes ângulos do joelho da perna traseira na posição de saída. O ângulo de 90° no joelho da perna de trás, se apresentou como sendo melhor que os ângulos maiores (115° e 135°). Com base nos resultados encontrados, observa-se existir muitas direções no uso de uma eficiente configuração biomecânica, para estabelecer o ângulo ótimo do joelho da perna de trás na posição de saída do bloco.

Com o objetivo de caracterizar técnicas específicas para a fase de transição da saída do bloco para a aceleração, Debaere et al., (2013), realizaram estudo com 21 atletas bem treinados, sendo 11 homens e 10 mulheres. Os sujeitos foram equipados com 74 marcadores passivos reflexivos e executaram a ação de saída dos blocos com a máxima potência. Um sistema de análise do movimento opto-eletrônico, contendo de 12 câmeras de 250 Hz cada, e duas plataformas de força de 1000 Hz, foram usados para capturar a trajetória dos marcadores e medir a força de reação. A cinemática 3D, a cinética das articulações e a potência de saída foram calculadas no programa Matlab®. O tempo foi normalizado em 100% a partir da primeira ação após o tiro de saída, até o momento que completou a segunda passada. Os resultados mostraram que durante a saída, a potência gerada pela extensão do joelho teve um importante papel na obtenção da efetiva transição, representando 31% da potência gerada pelos membros inferiores. Em conclusão, os atletas buscam ativamente uma posição de inclinação do corpo mais à frente, com o objetivo de maximizar a velocidade horizontal. Sugerem que, para obter sucesso na saída da perna da frente (pedal dianteiro), torna-se necessário uma grande ativação na extensão do joelho, quadril e tornozelo, ações estas extremamente necessárias para obter êxito, na transição da saída do bloco para o início da corrida.

Estudo em único indivíduo analisou os principais parâmetros cinemáticos da saída com bloco e fase de aceleração em provas de velocidade no atletismo. Teve

como sujeito o melhor velocista da Eslovênia, em fase de preparação para o Campeonato Mundial Indoor da IAAF (COH; TOMAZIN, 2006). Considerando as duas fases que fizeram parte do estudo, concluíram os autores, que os fatores chaves para uma boa performance na corrida são: a distância interblocos; a velocidade de saída dos blocos; o ângulo de inclinação dos blocos; o comprimento (amplitude) da primeira passada; o caminho utilizado para elevar o CM durante os três primeiros metros; a fase de contato com o solo, a fase de voo durante as 10 primeiras passadas e a relação entre o comprimento e a frequência das passadas. Sugerem que os resultados não podem ser generalizados, mas podem contribuir para explicar o fenômeno da alta velocidade que atingem os atletas de alto nível.

Com o objetivo de verificar quais são os mais importantes parâmetros cinéticos e cinemáticos da posição de saída e das ações de saída, Coh et al. (1998) correlacionam com dados da fase de aceleração após a saída. Os sujeitos foram 30 atletas do sexo masculino e 11 atletas do sexo feminino, todos velocistas do atletismo. Análise em duas dimensões (2D) e um sistema de vídeo (APAS), foram utilizados para cinemática no momento da saída e da fase de aceleração dos atletas e o tempo na fase de aceleração foram medidos por quatro pares de fotocélulas (AMES), posicionadas nos 5, 10, 20 e 30 metros após a linha de saída. Concluíram os autores, que a eficiência nos blocos de saída foi gerada pelos seguintes fatores: velocidade horizontal do centro de gravidade, tempo de reação, força de impulso e força máxima realizada no pedal da frente (perna dianteira), com diferenças significativas ( $p < 0.05$ ) na comparação do sexo masculino com o feminino nas variáveis analisadas. Alta correlação foi verificada na velocidade horizontal do CM em relação ao ângulo do tornozelo no momento da saída do bloco da frente (pé dianteiro), sugerindo que uma baixa correlação entre a saída e a aceleração, especialmente nos 5 primeiros metros após a linha de saída, são consequências das diferenças nas estruturas biomecânica e motora dos atletas.

Estudo biomecânico realizado por Schot e Knutzen (1992) em diferentes posições de saída, duas curtas e duas longas, combinadas com duas orientações na posição dos MMSS, uma com ombros à frente da linha de saída ( $80^\circ$  em relação ao solo), e outra com ombros perpendiculares à linha de saída ( $90^\circ$  em relação ao solo). Observaram que na saída longa com MMSS em  $90^\circ$  a posição do CM estava à frente do pedal dianteiro na posição de saída (comando “prontos”). O resultado

desta ação, foi um maior deslocamento horizontal no abandono do bloco, com passadas mais longas e o CM mais baixo, que proporcionaram maior propulsão e maior velocidade horizontal até o final da primeira passada. Concluíram que a saída longa, produziu quantidade maior de componentes de movimento horizontal, identificados como benéficos para uma boa saída dos blocos.

Salo e Bezodis (2004), compararam a eficácia da saída alta e da saída baixa em uma amostra de 6 velocistas universitários. Realizaram 3 saídas em cada condição, seguidas de deslocamento de 50 metros. Análise cinemática e tempo obtido por fotocélulas, revelaram que durante as primeiras passadas, a performance da saída alta produziu maior velocidade horizontal do CM do que a saída baixa. Inferem, que o resultado encontrado pode ter ocorrido, devido à maior distância de um a outro pé na saída alta, e ainda pela necessária força contra a gravidade na saída baixa. No entanto, a vantagem na velocidade horizontal para a saída alta desapareceu na marca dos 10 metros, com números similares registrados para ambos os tipos de saída. Também não foram encontradas diferenças estatísticas significativas na marca dos 25 e dos 50 metros.

Otsuka et al. (2015), investigaram diferenças na força de reação, em termos de magnitude, direção e impulso, utilizando análise 3D durante a saída do bloco e nas subsequentes duas primeiras passadas. A amostra foi composta por 29 velocistas divididos em três grupos (bem treinados, treinados e não treinados), tendo por base a medida interpedais do bloco e a experiência na saída com bloco. Embora a resultante da magnitude da força de reação não tenha diferido entre os grupos, o vetor sagital da força de reação dos bem treinados, inclinou-se significativamente mais à frente do que nos treinados e não treinados. Concluíram que vetor de força de reação com tendência à frente gera maior força de reação anteroposterior, e pode permitir aos velocistas uma melhor aceleração na fase de saída do bloco.

Com o propósito de analisar os efeitos de diferentes espaços interpedais, no momento da saída com bloco e na aceleração inicial em provas de velocidade no atletismo, Sarkar, Das e Bhowmick (2012) realizaram estudo em três condições de saída (curta, média e longa), com respectivas distâncias interpedais de 12 polegadas (30,48 cm), 16 polegadas (40,64 cm) e 20 polegadas (50,8 cm). Submeteram aos testes 30 sujeitos treinados e destreinados, sendo 20 do sexo masculino (10 treinados e 10 destreinados), e 10 do sexo feminino (6 treinadas e 4

destreinadas). Obtidos os registros do tempo nos 5 e 10 metros após a saída, concluíram que a saída média (16 polegadas) produziu melhor resultado entre os homens. No caso das mulheres, a saída longa de 20 polegadas produziu melhor resultado. No caso específico dos atletas treinados do sexo masculino, estes, obtiveram melhor média de tempo na marca de 5 metros na saída curta (12 polegadas) e melhor média nos 10 metros na saída média (16 polegadas). Já a média das mulheres treinadas foi semelhantes em ambas as distâncias, 5 e 10 metros. Em todas as condições os atletas treinados obtiveram melhores resultados que os destreinados.

Um resumo com alguns dos estudos realizados, nos quais foi utilizada a cinemática em diferentes tipos de saída, é apresentado no quadro 2, sintetizando diversas metodologias já empregadas.

**Quadro 2 - Estudos nos quais foi empregada a cinemática na análise de diferentes tipos de saída em provas de velocidade.**

<b>Autores e ano</b>	<b>N total N: M N: F</b>	<b>Nível dos participantes</b>	<b>Parâmetros Utilizados</b>	<b>Materiais e Métodos</b>	<b>Tipos de saída</b>	<b>Variáveis dependentes</b>	<b>Comentários da conclusão</b>
Slawinski et al. (2013)	Total 09 06 M 03 F	Velocistas treinados	Cinemática 3D	<i>Motion Analysis</i> ® com 12 câmeras digitais de 250 Hz e fixação de 63 marcadores passivos refletivos	Curta, Média e Longa	Tempo de reação, tempo no bloco traseiro, tempo no bloco dianteiro,	Saída média apresentou-se mais eficaz.
Slawinski et al. (2012).	Total 09 06 M 03 F	Velocistas de nível nacional.	Cinemática 3D, Cinética e Tempo de Reação	<i>Motion Analysis</i> ® 12 câmeras digitais de 250 Hz, e fixação de 63 marcadores refletivos	Curta, Média e Longa	Posição horizontal do CM; posição vertical do CM; ângulos articulares dos MMII traseiro e dianteiro; velocidade do CM; e saída até completar a 1ª passada.	Saída longa apresentou-se mais eficaz.
Chen et al. (2016)	Total 07 M;	Velocistas de alto nível.	Cinemática 3D.	Câmeras (Inline, Fastec Image Corp., USA) operando a 250 Hz; 15 marcadores anatômicos; foram calculados a posição do CM, ângulos articulares e comprimento da primeira passada.	Curta, Média e Longa	Velocidade resultante e vertical do CM; Velocidade linear pico altura do CM; ângulo do tronco na saída; comprimento da primeira passada.	Saída média apresentou-se mais eficaz..
Haugen, Tonessen e Seiler, (2012)	Total 25; 14 F 11 M	Atletas Velocistas	Cinemática e Tempo	Registro de tempo com sensor <i>Brower Timing System</i> ; registro de vídeo com software <i>Dartfish 5.0</i> ; e pressão do pé dianteiro por sensor <i>Norwegian Olympic Center (NOC)</i> .	Saída do bloco; saída com 3 apoios; saída alta; e saída alta com sensor embaixo do pé da frente.	Tempo de saída nas três primeira condições e força de pressão do pé dianteiro na quarta condição.	A interferência do tipo de saída no tempo dos 40m foi estatisticamente significativa, e maior que a variação de uma condição para outra.
Schot e Knutzen, (1992)	Total 12 06 M 06 F	Velocistas e barreiristas universitários	Cinemática 2D, cinética e Tempo nos 2m.	Plataforma de força para análise da primeira passada; Para análise cinemática uma câmera Cine-8 super 8mm registro de vídeos.	Saída Longa e saída curta em duas condições cada: braços em 80° e 90° relativos ao nível da pista.	14 variáveis de força vertical; 13 variáveis de força anteroposterior; 16 variáveis de força médio-lateral e 11 variáveis cinemáticas.	Saída longa com braços na perpendicular à linha de saída apresentou-se mais eficaz.
Fortier et al. (2005), (Experimento 1)	Total 12; 12 M;	Velocistas; 6 elite e 6 sub-elite.	Cinemática 3D; tempo; força; e cinética.	Fotocélula; plataforma de força; 3 câmeras a 30 quadros/s; 20 marcadores passivos refletivos; filtro de <i>Butterworth</i> à 7 Hz de frequência de corte; análise por software MATLAB.	3 saídas máximas em único tipo de saída com blocos, seguido de deslocamento de 10 m.	Tempo de reação; Tempo de força dos pés traseiro e dianteiro; tempo total nos blocos; tempo do pique de força nos pés traseiro e dianteiro; pique de força nos pés traseiro e dianteiro; diferença na força dos pés traseiro e dianteiro e tempo nos 4m.	A diferença aplicada no bloco traseiro versus o bloco dianteiro foi a principal determinante na performance da saída, que afeta diretamente o tempo total nos blocos.

Abreviações: N – Número; F – Feminino; M – Masculino; R- rasos; 3D – tridimensional; 2D – bidimensional; m – metros. ms: milissegundos.

## 2.7 ESTUDOS UTILIZANDO EMG

Entender os níveis de ativação muscular no momento da saída em provas de velocidade, pode contribuir para a melhor escolha na posição do bloco e do corpo, que irão proporcionar um desempenho mais satisfatório.

Nesse sentido, alguns estudos têm empregado a análise de EMG, para melhor entender as ações corporais na saída com bloco.

Com o objetivo de verificar alterações eletromiográfica (EMG) e mecânica que podem ocorrer na saída com bloco, Guissard, Duchateau e Hainaut, (1992), analisaram a atividade EMG do gastrocnêmio Medial, do sóleo, e do Vasto Medial de atletas, em diferentes posições angulares do pedal dianteiro (70°, 50° e 30°) relativos ao nível da pista. EMG integrada foi utilizada para comparar alterações no comprimento dos músculos gastrocnêmio medial e sóleo na movimentação do pé e joelho. Resultados apontaram que somente o ângulo de inclinação em 30° apresentou diferença estatística significativa ( $p < 0.05$ ). Pela maior contribuição do gastrocnêmio medial observada durante as fases concêntrica e excêntrica do movimento, e em razão da redução no tempo de pressão do pé no bloco, concluíram os autores, que a redução no ângulo de inclinação do pedal dianteiro, induz a modificações neurais e mecânicas, que contribuem significativamente para aumentar a velocidade na saída.

Em estudo, cujo objetivo foi estabelecer os melhores parâmetros dinâmicos, bem como a atividade EMG de músculos dos MMII durante a saída, Coh et al. (2009) analisaram variáveis de velocidade no bloco, produção de força nos pedais traseiro e dianteiro, aceleração no bloco e duas primeiras passadas, assim como a atividade EMG dos músculos eretor da espinha, glúteo máximo, reto femoral, vasto lateral, vasto medial, bíceps femoral e gastrocnêmio medial. Uma única atleta velocista do sexo feminino participou do experimento. Foram realizadas oito saídas de bloco em situação de laboratório e análise cinemática 3D e eletromiografia foram realizadas. Resultados apontaram que a força máxima produzida nos blocos de trás e da frente, foi respectivamente  $628 \pm 34$  N e  $1023 \pm 30$  N, relativamente 34% e 66% da força total aplicada, e ainda que os músculos eretor da espinha, vasto lateral e gastrocnêmio medial são os mais ativados durante a saída.

Mero e Komi (1990), testaram oito atletas velocistas, divididos em dois grupos, divididos de acordo com o membro inferior (esquerdo ou direito) nos quais foram fixados os eletrodos para EMG. Os indivíduos realizaram 3 saídas máximas do bloco e deslocamento de 3 metros ao longo de uma plataforma de força e a EMG registrou a atividade dos músculos gastrocnêmio lateral, vasto lateral, bíceps femoral (porção longa), reto femoral e glúteo máximo. O tempo motor (TM) foi definido como o tempo a partir do início da atividade eletromiográfica até o início da produção de força. A reprodutibilidade das variáveis foi satisfatória, com  $r=0,79$  e  $0,89$ . O tempo motor teve média de  $0,008$  s para o glúteo máximo e  $0,057$  s para o gastrocnêmio da perna da frente, e de  $0,018$  s para o gastrocnêmio e  $0,045$  s para o glúteo máximo da perna de trás. Sugerem os autores, que para otimizar a ação da saída é importante que os músculos sejam ativados, antes mesmo que seja detectado qualquer ação da força contra os blocos.

Observa-se que muitos estudos utilizam EMG para melhorar o entendimento de variáveis que afetam o desempenho durante a saída em provas de velocidade, as vezes associados a estudos cinemáticos, pois juntos parecem fundamentar melhor os resultados, discussões e conclusões. Assim, sugere-se que novos estudos com novas metodologias se fazem necessárias, para tentar estabelecer o melhor padrão de saída para as provas de velocidade no atletismo.

Para sintetizar algumas informações de procedimentos metodológicos utilizados, é apresentado no quadro 3, alguns dos principais estudos com EMG na análise da saída em provas de velocidade no atletismo.

**Quadro 3** – Estudos nos quais foi utilizada a EMG em diferentes tipos de saída em provas de velocidade no atletismo.

<b>Autores e ano</b>	<b>Idade</b>	<b>N: total N: M N: F</b>	<b>Provas e nível dos sujeitos</b>	<b>Tipos de saída</b>	<b>Parâmetros de avaliação</b>	<b>Músculos analisados pela MG</b>	<b>Comentário da conclusão</b>
Coh et al. (2009)	23,0 anos	01 F	Atleta barreirista	Saída dos blocos até completar duas passadas.	EMG com eletrodos bipolares de superfície com captura de sinais por wireless.	Glúteo máximo, reto femoral, vasto medial, vasto lateral, bíceps femoral, gastrocnêmio medial, e eretor da espinha.	Na saída dos blocos os músculos mais ativados foram o eretor da espinha, o vasto lateral e o gastrocnêmio medial.
Pain e Hibbis, (2007)	23,0 anos	Total 09 Gênero não informado	Atletas	Saída dos blocos com pequeno deslocamento à critério, até completar 50 saídas em 4 diferentes condições de som.	EMG com eletrodos de superfície de alta impedância com captura de sinais por telemetria.	Glúteo máximo, reto femoral, vasto medial, bíceps femoral, gastrocnêmio e tibial anterior de ambos os MMII	O tempo de reação na saída poderia ser abaixo de 100ms, pois os valores de latência da EMG ocorreram por volta de 65 ms.
Guissard, Duchateau e Hainaut (1992).	Entre 22 e 34 anos.	Total 17 14 M 03 F	Velocistas treinados	Saída dos blocos em 3 diferentes condições angulares até completar 10 m	EMG com eletrodos bipolares de superfície com captura de sinais por cabos longos.	Vasto medial, gastrocnêmio medial e sóleo.	A melhor performance está associada com a maior contribuição observada na ativação gastrocnêmio Medial.
Jacobsen Schenau (1992)	23.0 anos	Total 07 07 M	Atletas Velocistas de elite.	Saída dos blocos com registro de tempo nos 10 metros foi usado para feedback aos sujeitos.	EMG com eletrodos de superfície com captura de sinais por telemetria.	Glúteo máximo, semitendíneo, reto femoral, vasto medial, vasto lateral, bíceps femoral porção longa, gastrocnêmio medial, sóleo e tibial anterior.	Os padrões de ativação neuromuscular sequencial, reflete diretamente nos padrões da potência das articulações.
Mero e Komi, (1990)	Idade não informada	Total 08 08 M	Atletas velocistas experientes	2 grupos de 4 atletas realizaram saídas máximas de acordo com a perna que os eletrodos foram fixados.	EMG com eletrodos bipolares de superfície amplificados com captura de sinais por telemetria.	Gastrocnêmio lateral, glúteo máximo, reto femoral, vasto lateral, bíceps femoral porção longa.	A máxima atividade foi observada durante o contato ipsilateral e os músculos biarticulares foram mais ativados que os monoarticulares.

Abreviações: N – Número; F – Feminino; M – Masculino; R- rasos; 3D – tridimensional; 2D – bidimensional; m – metros; ms: milissegundos. MMII: membros inferiores

## 2.8 OUTROS ESTUDOS EXPERIMENTAIS

Além de estudos específicos nas áreas de biomecânica e EMG, alguns outros métodos tem sido realizados para investigações experimentais, utilizando diferentes parâmetros, com a proposta de investigar o efeito da saída e a fase de aceleração em provas de velocidade no atletismo.

Ao comparar a diferença na eficácia do apoio no pedal traseiro (bloco de trás) utilizando alternadamente o pé direito ou o pé esquerdo, Eikenberry et al. (2008), sugerem que o pé direito no pedal traseiro produz maior potência. Adicionalmente, também sugerem que os primeiros 10 metros devem ser analisados para além da saída, com o objetivo de verificar qual o tipo de saída produz a melhor aceleração nesta metragem.

Para Harland e Steele (1997) a preparação do bloco deve ser feita com ângulos nos pedais de aproximados 40° a 45° relativos ao nível da pista. Nas primeiras passadas após a saída, o CM deve ser mantido bem à frente do contato dos pés com o solo, até o momento em que for minimizado o potencial horizontal das forças de frenagem.

Mackala, Krzysztof e Fostiak (2015) estudaram a potência dos membros inferiores por meio de saltos verticais e horizontais, e a velocidade máxima nas distâncias de 20 e 60 metros após a saída do bloco. A amostra foi de 40 velocistas do sexo masculino, com média de idade de 18,07 anos, e média do melhor tempo nos 100 m rasos de 10,89 s. Observou-se uma melhora no tempo dos 20 metros, derivada do aumento na frequência das passadas, que ocorreu devido à redução no tempo de contato dos pés com o solo de 138 ms para 133 ms. Concluíram que um aumento significativo de 1,8% na frequência das passadas e uma expressiva redução no tempo da fase de contato com o solo, resultou em um considerável aumento na velocidade dos atletas participantes do experimento.

Em um estudo cuja intenção foi examinar variáveis dinâmicas do movimento em duas diferentes posições de saída baixa com bloco, Yu et al. (2012), utilizaram um sistema de medição individual do tempo de reação (*Reactime*®) no tiro de saída, e um sistema de fotocélulas (*Newtest Powertimer*®) para registro do tempo dos 10 metros após a linha de saída. A amostra foi de 20 jovens velocistas (15 homens e 5 mulheres). Os resultados apontaram que a saída curta proporcionou melhores

efeitos na geração de potência do que a saída longa, sugerindo assim que se utilize a saída curta, no entanto, com os ajustamentos e modificações necessárias para cada atleta.

Para investigar a sinergia dos momentos articulares durante a saída no bloco, Cabral, et al. (2013) utilizaram uma análise de aceleração induzida. Os resultados mostraram que na fase inicial da saída do bloco, o momento articular do quadril e tornozelos agiram sinergicamente, impulsionando o CM dos atletas. Observaram que o momento angular na flexão plantar foi crucial, e proporcionou uma contribuição direta para a aceleração do CM, bem como teve importante papel na estabilização da articulação do tornozelo para obtenção de uma base estável, a qual auxiliou o momento de ação das demais articulações.

## **2.9 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Ampla busca em estudos experimentais e não experimentais que abordaram a saída baixa com bloco em provas de velocidade no atletismo, respaldou as seguintes considerações: historicamente a criação do bloco passou a permitir o apoio de ambos os pés nos pedais de saída; as adequações nas regras obrigando à utilização do bloco repercutiram positivamente com melhor desempenho dos atletas; o uso de equipamentos eletroeletrônicos cada vez mais sofisticados tornaram os resultados das pesquisas mais fidedignos; as pesquisas sobre diversos parâmetros, especialmente utilizando a biomecânica e a EMG, tem contribuído para que os atletas velocistas escolham e aprimorem as melhores técnicas de saída; os novos conhecimentos permitiram a evolução no treinamento da saída e a exploração do máximo potencial de cada atleta; as análises estatísticas cada vez mais robustas permitiram melhor precisão nos resultados; as pesquisas multidisciplinares realizadas por múltiplos profissionais, ampliaram a abrangência dos conhecimentos sobre a saída; a maior pressão dos pés nos pedais pode gerar menor tempo no bloco; as diferentes condições de saída tem sido estabelecidas pela distância interpedais e ângulos articulares dos MMII; a maior parte dos estudos sugerem que a saída média é o tipo de saída mais eficaz para provas de velocidade no atletismo; e, apesar das evoluções, sugere-se que novos estudos para análise da saída em diferentes condições e utilizando novas metodologias são necessários.

## 2.10 REFERÊNCIAS

1. ADRIAN, M. J.; COOPER, J. M. **Biomechanics of human movement**. 2 ed. Madison, Wisconsin, USA: WCB Brown & Benchmark Publisher, 1995. 348p.
2. ASSOCIAÇÃO INTERNACIONAL DAS FEDERAÇÕES DE ATLETISMO - IAAF / Confederação Brasileira de Atletismo - **CBAt: Regras oficiais de competição 2016-2017**. Disponível em: <[www.cbat.org.br](http://www.cbat.org.br)>.
3. BEZODIS, N. E. **Biomechanical investigations of sprint start technique and performance**. 2009. 281 f. (Doutorado em Filosofia) University of Bath, Bath, United Kingdom, 2009.
4. BEZODIS, N. E.; SALO, A. I. T.; TREWARTHA, G. Choice of sprint start performance measure affects the performance-based ranking within a group of sprinters: which is the most appropriate measure? **Sports Biomechanics**, v. 9 n. 4, p. 258-269, nov. 2010.
5. CABRAL, S.; KEPPLER, T. M.; MONIZ-PEREIRA, V.; JOÃO, F. VELOSO, A. P. **Hip And Ankle Joint Moment Synergies During A Sprint Block Start**. In: 24th Congresso Of The International Society Of Biomechanics ISB, 2013, Natal, Brazil, 2013. p. 45-46.
6. COH, B. M., TOMAZIN, K. Kinematic analysis of the sprint start. **IAAF New Studies in Athletics**, v. 21, n. 3, p. 23–33, 2006.
7. COH, B. M., PEHAREC S., BACIC, P. E KAMPMILLER, P. Dynamic factors and electromyographic activity in a sprint start. **Biology of Sport**; v. 26, n. 2, p. 137-147, 2009.
8. COH, M., DOLENEC, A., COLJA, I. **Dynamic Analysis of the starting action and starting acceleration**. 14th International Symposium on Biomechanics in Sport., 1996. Faculty of Sport, University Ljubljana, Slovenia, 1996. p. 397-400.
9. COH, M.; JOST, B.; SKOF, B.; TOMASIN, K.; DOLENEC, A. Kinematic and kinetic parameters of the sprint start and start acceleration model of top sprinters. **Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Gymnica**, v. 28, p. 33-42, 1998.
10. DEBAERE, S., DELECLUSE, C., AERENHOUTS, D., HAGMAN, F. JONKERS, I. From block clearance to sprint running: Characteristics underlying an effective transition. **Journal of Sports Sciences**. v. 31, n. 2, p. 137–149, set. 2013.

11. EIKENBERRY, A.; MCAULIFFE, J.; WELSH, T. N.; ZERPA, C.; MCPHERSON, M.; NEWHOUSE, I. Starting with the “right” foot minimizes sprint start time. **Acta Psychologica**, v. 127, n. 2, p. 495–500, out. 2008.
12. ERIKSEN H. K., KRISTIANSEN J.R., LANGANGEN O. E WEHUS I.K. How fast could Usain Bolt have run? A dynamical study. **American Journal de Physiology**. v. 77, n. 3, p. 224-228, mar. 2009.
13. GINCIENE, G; MATTHIESEN, S. Q. O sistema de partida em corridas de velocidade no atletismo. **Motriz, Rio Claro**, v. 18 n. 1, p. 113-119, jan/mar. 2012.
14. GUISSARD, N., DUCHATEAU, J., HAINAUT, K. EMG and mechanical changes during sprint starts at different front block obliquities. **Medicine and Science in Sports and exercise**, v. 24, n. 11, p. 1257-1263, nov., 1992.
15. HARLAND, M., STEELE, J. Biomechanics of the sprint start. **Sports Medicine**. V. 23, p. 11-20, 1997.
16. HARRISON, D.; COMYNS, T. **Biomechanics of the Sprint Start**. The University of Limerick, Ireland. Disponível em: <[www.coachesinfo.com/information and education for coaches](http://www.coachesinfo.com/information%20and%20education%20for%20coaches)>. Acesso em: 14 jul. 2014.
17. ILBEIGI, S.; GHELEWE, B. VAN. **Three-dimensional displacement of the center of gravity during the sprint start**. Faculty of Physical Education and Sport Sciences , University of Birjand , Birjand , Iran Scholars Research Library. V. 4, n.1, p. 32–38, 2015.
18. LÓPEZ, J.L.; ÁLAMO, J.M.; PADULLÉS, J.M. **Comparative analysis of the reaction time for high level sprinters and hurdlers in the youth, junior and absolute categories**. In: INEFC-SSRG UB., 2013. Barcelona, Spain. 26-29 jun: 2013. p. 153.
19. LYNCH, Martin. **Sprint starting**. 2003. Disponível em: <[www.lollylegs.com/training/Starting.aspx](http://www.lollylegs.com/training/Starting.aspx)>. Acesso em: 28 nov. 2014.
20. MAĆKAŁA, K.; FOSTIAK, M.; KOWALSKI, K. Selected Determinants of Acceleration in the 100m Sprint. **Journal of Human Kinetics**. v. 45, n. 1, p. 135–148, abr. 2015.
21. MAJUMDAR, A. S. ROBERGS, R. A. The Science of Speed: Determinants of Performance in the 100m Sprint. **International Journal of Sports Science & Coaching**, v. 6 n. 3, p. 479-493, set. 2011.
22. MASSÓ, N.; REY, F.; ROMERO, D.; GUAL, G., COSTA, L.; GERMÁN, A. Surface Electromyography applications in the sport. **Medicina De L’esport**. v. 45, n. 165, p. 121-131, jan., 2010.

23. MATTHIESEN, Sara Quenzer. **Atletismo: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2007. P. 50-51.
24. MAULDER, P.S.; BRADSHAW, E. J.; KEOGH, J. Kinematic alterations due to different loading schemes in early acceleration sprint performance from starting blocks. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 22, n. 6, p. 1992-2002, nov., 2008.
25. MERO, A., KOMI, P. V. Reaction time and electromyographic activity during a sprint start. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 61, n. 1-2, p. 73–80, 1990.
26. MERO, A. Force-time characteristics and running velocity of male sprinters during the acceleration phase of sprinting. **Research Quarterly For Exercise and Sport**. v. 59, n. 2, p. 94-98, fev., 1988.
27. MILANESE, C.; BERTUCCO, M.; ZANCANARO C. The effects of three different rear knee angles on kinematics in the sprint start. **Biology of Sport**. v. 31, n. 3, p. 209–215, aug. 2014.
28. MIYAMOTO, R. J.; MEIRA JR, C. M. Tempo de reação e tempo das provas de 50 e 100 metros rasos do atletismo em federados e não federados. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 4, n. 3, p. 42–48, 2004.
29. OTSUKA, M., KURIHARA, T., ISAKA, T. Effect of a Wide Stance on Block Start Performance in Sprint Running. **PLoS ONE**, v. 10, n. 11, 2015.
30. OZSU, I. Biomechanical structure of sprint start and effect of biological feedback methods on sprint start performance. **Turkish Journal of Sport and Exercise**, v. 16, n. 1, p. 71–77, jun., 2014.
31. PROSPERO, V. **Sprint time differences between: 4 pt. block start, 4 pt. non-block Start, and standing start**. 2013. 54 f. Dissertação (Mestre em Educação e Artes) Ciências do Esporte e Performance Humana, Knoxville: University of Tennessee, 2013.
32. REIS, D.C., ESTEVE, A.C., LEITE, R.M., NASCIMENTO, A.S. PEREIRA MORO, A. R. Reprodutibilidade da posição de saída de bloco em atletas juvenis de atletismo de SC – Brasil. **Efdeportes.com/ Revista Digital**. v. 11, n. 106, mar. 2007.
33. SALO, A.; BEZODIS, I. Which starting style is faster in sprint running standing or crouch start? **Sports Biomechanics**; v. 3, n. 1, p. 43-54, jan., 2007.

34. SARKAR, A. K., DAS, S. S., BHOWMICK, S. Effect of block spacing on acceleration speed. **International Journal Of Behavioral Social And Movement Sciences**, v. 1, n. 4, p. 23-28, out., 2012.
35. SCHOT, P. K.; KNUTZEN, K. M. A biomechanical analysis of four sprint start positions. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 63, n.2, p. 137–147, 1992.
36. SI, Wen., YAN, Zhuang-Zhi., LI, Yi., LIU, Shu-Peng. The crouch start modeling and simulation based on anybody technology. **International Journal Of Digital Content Technology And Its Applications**, v. 4, n. 8, p. 8-14, nov. 2010.
37. SLAWINSKI, J., DUMAS, R., CHEZE, L., ONTANON, G., MILLER, C., MAZURE–BONNEFOY, A. Effect of postural changes on 3D joint angular velocity during starting block phase. **Journal of Sports Sciences**, v. 31 n. 3, p. 256-163, out. 2013.
38. SLAWINSKI, J., DUMAS, R., CHEZE, L., ONTANON, G., MILLER, C., MAZURE–BONNEFOY, A. 3 D of bunched, medium and elongated sprint start. **Sports Medicine**, v. 33; p. 555-560, 2012.
39. SLAWINSKI, J., BONNEFOY, A., ONTANON, G., LEVEQUE, J.M., MILLER, C., RIQUET, A., CHEZE, L. DUMAS, R. Segment-interaction in Sprint start: Analysis of 3D angular velocity and kinetic energy in elite sprinters. **Journal of Biomechanics**, v. 43, n. 8, p. 1494-1502, mar. 2010.
40. SLAWINSKI, J., BONNEFOY, A., LEVEQUE, J.M., ONTANON, G., RIQUET, A., MILLER, C., RIQUET, A., DUMAS, R CHEZE, L. Kinematic and kinetic comparison of elite and well-trained sprinter during sprint start. **Journal of Strength and Conditioning Research**, *in press*, v. 24, n. 4, p. 896–905, nov. 2010.
41. YU, Li-Chun, WU, Yen-Lei , YEH, Ming-Chun , TSAI, Chien-Lu. **Dynamical effects of sprint start on different starting blocks**. In: 30th Annual Conference of Biomechanics in Sports -2012, Melbourne, v. 82, p. 45–48, 2012.

### 3 CAPÍTULO III

#### ARTIGO 2: ANÁLISE CINEMÁTICA 3D EM DIFERENTES TIPOS DE SAÍDA PARA PROVA DE 100 METROS RASOS NO ATLETISMO

##### 3.1 RESUMO

Uma saída eficaz é essencial para o sucesso na performance de atletas velocistas de atletismo. Desse modo, estudos cinemáticos demonstram ser necessários para mostrar o desempenho em diferentes tipos de saída para provas de velocidade. Assim, o objetivo deste estudo foi analisar por meio da cinemática 3D, como se comportam variáveis cinemáticas de centro de massa (CM) e espaço-temporais (ET), e o tempo de deslocamento (T) nos 10 m e 20 m, nas condições de saída de bloco curta (SC), média (SM) e longa (SL) para prova de 100 m rasos no atletismo. Participaram do estudo 15 atletas velocistas masculinos ( $21,49 \pm 4,68$  anos), que realizaram três repetições em cada condição de saída no bloco (SC, SM, SL), aleatorizadas para cada atleta, tendo marcadores reflexivos fixados em 18 acidentes anatômicos. A partir das coordenadas 3D de cada ponto reconhecido em função do tempo foi calculado o centro de massa (CM), utilizado para calcular as variáveis de amplitude vertical (AV), amplitude médio-lateral (AML), velocidade horizontal (VH), velocidade médio-lateral (VML), velocidade vertical (VV), velocidade resultante (VR), velocidade horizontal pico (VHP), velocidade médio-lateral pico (VMLP), velocidade vertical pico (VVP), velocidade resultante pico (VRP), distância do CM à linha de saída (DCML) e altura do CM do solo (ACMS). Também foram calculadas variáveis espaço temporais (ET) de largura do primeiro passo (LPP), largura do segundo passo (LSP), comprimento do primeiro passo (CPP) comprimento do segundo passo (CSP) e cadência (CAD). O T nos 10 m e 20 m em cada condição de saída foram registrados por fotocélulas. ANOVA, seguida de *post-hoc* de múltiplas comparações de Sidak e teste de *Spearman* foram empregados na análise estatística dos dados. O nível de significância adotado foi de  $p < 0.05$ . Os resultados demonstram que as variáveis de centro de massa AV, VML, VV, DCML e ACMS apresentaram resultados significativos, ora favoráveis à um ora a outro tipo de saída. Variáveis relevantes na posição de saída demonstram resultados favoráveis à SM, com melhores valores de DCML ( $0,235 \pm 0,058$ ) e ACMS ( $0,622 \pm 0,037$ ), com menor valor na AML ( $0,067 \pm 0,022$ ) e maiores valores na VH ( $3,057 \pm 0,257$ ) e na VR ( $3,214 \pm 0,188$ ). Na comparação da CAD a SM e a SL mostraram-se melhores que a SC ( $p < 0,05$ ). Observou-se ainda resultados significativos no tempo dos 10 m e 20 m da SM, correlacionados nas variáveis DCML, ACMS e LPP, com  $r = -0,434$ ;  $r = -0,437$  e  $r = 0,319$  nos 10 m, e  $r = -0,379$ ;  $r = -0,377$  e  $r = 0,376$  nos 20 m, respectivamente. Assim, a partir dos resultados foi possível concluir que a SM se apresentou como o melhor tipo, considerado o instante da saída até completar a primeira passada.

**Palavras-chave:** atletismo, cinemática, saída com bloco, velocidade, 100m rasos.

### 3.2 INTRODUÇÃO

Uma saída com o tronco inclinado à frente pode ser essencial para o sucesso na performance de atletas velocistas de atletismo e afetar diretamente o tempo final dos participantes (BERGAMINI et al. 2013). Assim, estudos cinemáticos tem sido realizados com a finalidade de esclarecer as variáveis que interferem no desempenho de atletas em diferentes tipos de saída em provas de velocidade (SCHOTT e KNUTZEN, 1992; HARLAND e STEELE, 1997; COH e TOMAZIN, 2006; BEZODIS 2009; SLAWINSKI et al. 2010; BERGAMINI et al., 2013; SLAWINSKI et al. 2013; HARRISON e COMYNS, 2014; MILANESE, BERTUCCO e ZANCANARO 2014; OTSUKA, KURIHARA e ISAKAI, 2015; CHEN et al., 2016; CIACCI et al., 2016; COH et al., 2017).

Estudo comparativo de Shinohara et al. (2015) no qual utilizou saída com bloco e saída sem bloco, concluiu que o bloco de saída pode ser considerado uma ferramenta essencial para melhorar o desempenho na saída de atletas velocistas, com significativo impulso horizontal durante as duas primeiras passadas. Otsuka et al. (2015), concluíram que a performance a partir de mudanças na posição do bloco, tem maior relação com alterações na distância dos pedais à linha de saída, do que com a distância interpedais ou com o ângulo de inclinação dos pedais.

Alguns pesquisadores tem feito referência a pesquisas em três principais tipos de saída com bloco, denominadas de saída curta (SC), saída média (SM) e saída longa (SL). Resultados encontrados na performance dessas diferentes condições de saída nem sempre são similares, no entanto os números tem sido favoráveis principalmente à saída média (HARLAND e STEELE, 1997; MATHIESEN, 2007; BEZODIS, 2009; SI, 2010; SLAWINSKI et al., 2010; SARKAR, DAS e BHOWMICK, 2012; SLAWINSKI et al., 2013; HARRISON e COMYNS, 2014; CHEN et al., 2016).

Para Matthiesen (2007), as diferenças nos tipos de SC, SM e SL, estão relacionadas a distância com que o bloco de partida é fixado atrás da linha de saída. Porém, nesse contexto, pode-se ter uma saída curta com um grande espaço interpedais, assim como uma saída longa com um pequeno espaço interpedais, situações estas que podem afetar a pressão dos pés exercida contra os pedais.

Vale destacar que, na saída das finais dos 100 m rasos das últimas Olimpíadas e Campeonatos Mundiais, verificou-se a inexistência de um padrão único na saída, de forma que os finalistas apresentaram saídas com diferentes distâncias do bloco à linha de saída assim como diferentes espaços interpedais.

Alguns estudos têm reportado maior velocidade do centro de massa (VCM) na saída do bloco com maior espaço interpedais, o que parece proporcionar uma força de impulso mais efetiva (SCHOT e KNUTZEN, 1992; BEZODIS, SALO e TREWARTHA, 2010; SLAWINSKI et al. 2012).

Experimento cinemático de Si et al. (2010) comparou a eficiência das saídas curta, média e longa e concluíram que os melhores ângulos para o joelho da perna traseira estão entre  $118^{\circ}$  a  $136^{\circ}$ , e no joelho da perna dianteira entre  $90^{\circ}$  e  $111^{\circ}$ . Os autores sugerem que na posição “prontos”, o quadril deve ser posicionado pouco mais alto que os ombros, e o ângulo tronco/braços deve ser de aproximados  $90^{\circ}$ . Além disso, os resultados demonstraram que a saída média se mostrou a melhor comparada as demais, permitindo aos atletas exercerem maior força de pressão dos pés no bloco.

Para verificar o efeito da modificação da distância horizontal interpedais, Slawinski et al. (2013) compararam as condições de saída curta, média e longa, e concluíram que redução do espaço interpedais induz a um efeito oposto ao da velocidade angular dos membros superiores e inferiores e que a saída média parece ser a melhor técnica, uma vez que conduz a um curto tempo nos blocos, combinado com uma ótima velocidade angular dos diversos segmentos corporais.

Da mesma forma Chen et al. (2016), em estudo que analisou as diferenças cinemáticas no plano sagital nas condições de saída curta, média e longa com base na distância interpedais, constataram a partir da análise de variáveis relacionadas ao CM, comprimento das passadas iniciais e velocidade linear e angular durante a saída, que a saída média é a mais recomendada para as provas de velocidade no atletismo.

Ainda que alguns estudos tenham utilizando a cinemática para investigar os tipos de saída, SC, SM e SL com bloco, deve-se considerar que as diferentes condições de saída para prova de 100 m rasos podem ser influenciadas pela regulagem dos pedais do bloco, neste caso, feita pela proporcionalidade do espaço interpedais utilizada no dia a dia dos sujeitos e alterações na posição dos ombros, o

que até o momento parece não ter sido explorado pelos estudos disponíveis na literatura.

Desse modo, investigações baseadas em diferentes condições de saída do bloco para 100 m rasos, mantendo o espaço interpedais utilizados pelos sujeitos, observada ainda a posição dos ombros à linha de saída (atrás, sobre ou à frente), parecem ser determinantes para entender como as variáveis cinemáticas contribuem para uma melhor saída na prova de 100 m rasos, que se confirmada, poderá ser utilizada em ações práticas no treinamento de atletas, para melhorar o desempenho em competições.

Assim, o objetivo do presente estudo foi analisar por meio da cinemática 3D, o comportamento de variáveis cinemáticas de centro de massa (CM) e espaço-temporais (ET), e o tempo de deslocamento nos 10 m e 20 m, nas condições de saída de bloco SC, SM e SL para prova de 100 m rasos no atletismo, tendo por base a distância do pedal dianteiro à linha de saída e as diferentes posições dos ombros.

### **3.3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.3.1 Sujeitos**

Fizeram parte do estudo quinze atletas ( $21,5 \pm 4,7$  anos) velocistas da modalidade de atletismo do sexo masculino, cujas características físicas, de treinamento e desempenho nas provas de 100 m são apresentadas na sessão resultados (Tabela 1).

#### **3.3.2 Delineamento**

Inicialmente, os participantes deste estudo foram informados dos procedimentos os quais seriam submetidos e em seguida assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, sob nº CAAE 30235814.0000.5231. Posteriormente, foram submetidos às medidas antropométricas e de composição corporal no laboratório.

Na sequência os sujeitos foram submetidos ao experimento, que foi realizado em pista de atletismo oficial de material sintético, utilizando bloco com dimensões

oficiais da IAAF. Os testes foram realizados em período pré-competitivo e os sujeitos foram submetidos a três condições experimentais de saída no bloco: saída curta (SC), saída média (SM) e saída longa (SL), que foram repetidas por três vezes cada, com intervalo de 3 a 5 minutos.

A referência para cada condição foi estabelecida pela distância do pedal dianteiro à linha de saída, regulada pela posição dos ombros em relação a linha de saída ao comando “prontos”: à frente, sobre e atrás respectivamente para SC, SM e SL. À distância interpedais preferencial utilizada no dia a dia pelos sujeitos foi respeitada nos testes. A média de distância entre o pedal dianteiro e a linha de saída foi para a SC de  $48,6 \pm 2,8$  cm (mín. 44 e máx. 54 cm), para a SM de  $58,0 \pm 4,0$  cm (mín. 48,5 e máx. 64 cm), e para a SL de  $67,7 \pm 5,3$  cm (mín. 52 e máx. 74 cm).

Antes de cada condição de saída os sujeitos realizaram aquecimento em condições habituais. Os comandos de saída foram realizados conforme regras da IAAF a partir de um sinal sonoro. Foi solicitado aos sujeitos que pressionassem os pés contra os pedais do bloco e que dessem o seu máximo na saída até completar 20 m. Em todas as condições de saída e para cada uma das 3 repetições válidas, foram realizadas captura de movimento para análise cinemática.

O tempo de deslocamento nos 10 e 20 m foram registrados a partir da linha de saída por células fotoelétricas da marca Multisprint® (Hidrofit, Minas Gerais, Brasil).

### 3.3.3 Procedimentos para cinemática

Sistema de captura de movimento OptiTrack® composto por 6 câmeras operando a 240 Hz enquadraram o ambiente da coleta, e os dados utilizados para análise 3D. O software Motive Body® conectado às câmeras foi utilizado para identificar automaticamente os pontos de interesse no corpo dos participantes do estudo. As câmeras foram posicionadas sobre tripés à uma altura de 1,5 m e marcadores reflexivos com diâmetro de 1,5 cm cada, foram fixados em 18 acidentes anatômicos dos sujeitos: parte superior do crânio (vértex), sétima vértebra cervical (supra-external) e acrômio clavicular, epicôndilo lateral do úmero, centro da articulação do punho, trocânter maior do fêmur, epicôndilo lateral do fêmur, maléolo lateral, calcâneo e hálux de ambos os hemicorpos. A partir da identificação desses pontos anatômicos em função do tempo, o corpo foi modelado em 12 segmentos

(cabeça, tronco, braços, antebraços, coxas, pernas e pés) e foram capturadas as trajetórias dos marcadores reflexivos nas fases de saída e aceleração até completar a primeira passada. A partir das coordenadas 3D de cada ponto reconhecido em função do tempo, foi calculado o centro de massa (CM) ao longo do tempo, por meio do software Matlab®, considerando-se os parâmetros inerciais individuais, obtidos segundo De Leva (1996). Para fins de identificação dos membros inferiores direito e esquerdo, foi tomado por base a preferência individual de cada sujeito nos pedais do bloco, e assim denominados como sendo membros traseiro e dianteiro.

### 3.3.4 Variáveis do estudo

Variáveis de centro de massa (CM) e espaço-temporais (ET) foram calculadas a partir do instante da saída até completar a primeira passada, observado o primeiro movimento (cabeça) após o sinal de saída, até o momento que o pé de apoio no pedal dianteiro entrou em contato com o solo novamente.

Foram calculadas as componentes horizontal, vertical e médio-lateral do CM ( $V_x$ ,  $V_y$  e  $V_z$ ). A partir destas foram calculadas a amplitude vertical (AV), amplitude médio-lateral (AML), velocidade horizontal (VH), velocidade vertical (VV), velocidade médio-lateral (VML), velocidade resultante (VR), velocidade horizontal pico (VHP), velocidade vertical pico (VVP), velocidade médio-lateral pico (VMLP), velocidade resultante pico (VRP), altura do CM em relação ao solo antes da saída (ACMS) e distância do CM em relação à linha de saída (DCML).

As variáveis calculadas correspondentes a ET foram o comprimento do primeiro passo (CPP), comprimento do segundo passo (CSP), largura do primeiro passo (LPP), largura do segundo passo (LSP) e a cadência da primeira passada (CAD). O tempo de deslocamento (T) foi obtido nos 10 e 20 m e foram registrados a partir da linha de saída.

### 3.3.5 Análise estatística

Para análise de normalidade foi empregado o teste de Shapiro-Wilk. Para pressuposto de esfericidade foi utilizado o teste de Mauchly, quando não atendida, foi utilizado valores de F e P para correções dos graus de liberdade propostos por Greenhouse-Geisser e Huynh-Feldt. Os resultados das variáveis analisadas foram agrupados em valores de média e desvio-padrão. Os valores

correspondentes as variáveis de CM, ET e T, em cada condição de saída foram comparados utilizando análise de variância para medidas repetidas (ANOVA) seguidas do *post-hoc* de múltiplas comparações de Sidak.

O teste de Spearman foi utilizado para análise de correlação entre as variáveis de CM e ET, e tempo de deslocamento nos 10 m e 20 m, nas 3 condições de saída. Os dados foram analisados e apresentados utilizando os softwares estatísticos SPSS 20 e GraphPad Prism 6. O valor de significância adotado foi de  $p < 0,05$ .

### 3.4 RESULTADOS

#### 3.4.1 Características dos sujeitos

As características físicas, de treinamento e desempenho nas provas de 100 m dos sujeitos estudados são apresentadas na tabela 1.

Cada atleta relatou a preferência por um dos tipos de saída (SC, SM e SL) antes dos testes, como observado na tabela 2.

**Tabela 1** – Caracterização dos sujeitos em idade, massa corporal (MC), estatura, Gordura Corporal (GC), tempo de treino (T.TREINO), tempo nos 100 m rasos (TEMPO) e tipo de saída preferencial (S.PREF).

Sujeitos	IDADE (anos)	MC (Kg)	ESTATURA (cm)	GC (%)	T.TREINO (anos)	TEMPO (s)	S.PREF (tipo)
1	25,3	78,9	184,2	10,40	10	11,4	Média
2	21,1	69,5	175,0	9,10	9	11,4	Curta
3	20,0	67,1	174,9	9,00	3,6	11,3	Média
4	17,4	55,9	168,7	10,10	4	11,4	Longa
5	18,2	73,4	187,5	10,00	5	11,2	Média
6	19,8	67,4	174,7	11,20	2	10,81	Média
7	17,0	72,7	175,7	3,80	3,5	11,95	Curta
8	25,9	84,9	179,3	9,30	14	10,8	Média
9	19,5	70,5	176,0	9,30	3	11,78	Curta
10	17,4	67,9	172,5	9,50	3	11,2	Média
11	16,6	68,4	172,2	7,80	4	11,22	Média
12	25,9	76,4	187,6	10,00	11,6	10,84	Média
13	33,7	74,8	179,0	10,50	11	10,68	Curta
14	20,5	64,5	177,3	9,10	3,5	11,6	Média
15	24,2	65,5	176,0	11,00	11	11,13	Curta
<b>Média</b>	<b>21,5</b>	<b>70,5</b>	<b>177,4</b>	<b>9,34</b>	<b>6,5</b>	<b>11,25</b>	
<b>D. Padrão</b>	<b>4,7</b>	<b>6,8</b>	<b>5,4</b>	<b>1,76</b>	<b>4,0</b>	<b>0,37</b>	

**Tabela 2** – Números absolutos (N) e relativos (%) para a saída preferencial dos atletas, verificados antes dos testes nas diferentes condições de saída (TIPO).

	TIPO	N	%
Saída preferida antes da realização dos testes	Curta	5	33,3%
	Média	9	60,0%
	Longa	1	6,7%

### 3.4.2 Posição, amplitude e velocidade do CM

Na tabela 3 são apresentados dados para variáveis de centro de massa (CM), analisados do momento de saída até completar uma passada. Verificou-se na comparação entre as condições SC, SM e SL, não haver diferença significativa para amplitude médio-lateral (AML), velocidade horizontal (VH), velocidade resultante (VR), velocidade horizontal pico (VHP), velocidade médio-lateral pico (VMLP), velocidade vertical pico (VVP), e velocidade resultante pico (VRP). No entanto, amplitude vertical (AV) e velocidade médio-lateral (VML) apresentaram diferenças significativas, com valores menores para SC quando comparados à SL.

**Tabela 3** – Variáveis de CM na primeira passada comparadas nas saídas curta (SC), média (SM) e Longa (SL).

	SC	SM	SL	F	P	CONTRASTES
Amplitude Vert (m)	0,263 ± 0,032	0,263 ± 0,032	0,275 ± 0,036	3,675	0,029*	SC < SL
Amplitude MLat (m)	0,071 ± 0,027	0,067 ± 0,022	0,071 ± 0,022	0,865	0,425	
Vel Horiz (m/s)	3,021 ± 0,468	3,057 ± 0,257	2,895 ± 0,489	2,088	0,139	
Vel MLat (m/s)	0,209 ± 0,097	0,228 ± 0,105	0,258 ± 0,098	6,143	0,003**	SL > SC
Vel Vert (m/s)	0,868 ± 0,158	0,946 ± 0,24	0,86 ± 0,126	3,487	0,046*	SM > SL
Vel Result (m/s)	3,167 ± 0,47	3,214 ± 0,188	3,046 ± 0,456	2,333	0,115	
Vel Horiz Pico (m/s)	4,704 ± 0,32	4,681 ± 0,289	4,645 ± 0,293	2,505	0,087	
Vel MLat Pico (m/s)	0,373 ± 0,071	0,387 ± 0,117	0,376 ± 0,06	0,441	0,645	
Vel Vert Pico (m/s)	1,038 ± 0,231	1,086 ± 0,554	1,139 ± 0,721	0,39	0,633	
Vel Result Pico (m/s)	4,749 ± 0,309	4,706 ± 0,305	4,685 ± 0,406	1,036	0,339	
Dist CM da Linha (m)	0,193 ± 0,051	0,235 ± 0,058	0,285 ± 0,051	127,331	0,000**	SC < SM < SL
Altura CM do solo (m)	0,628 ± 0,042	0,622 ± 0,037	0,619 ± 0,037	4,191	0,023*	SL < SC

\* $P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,01$

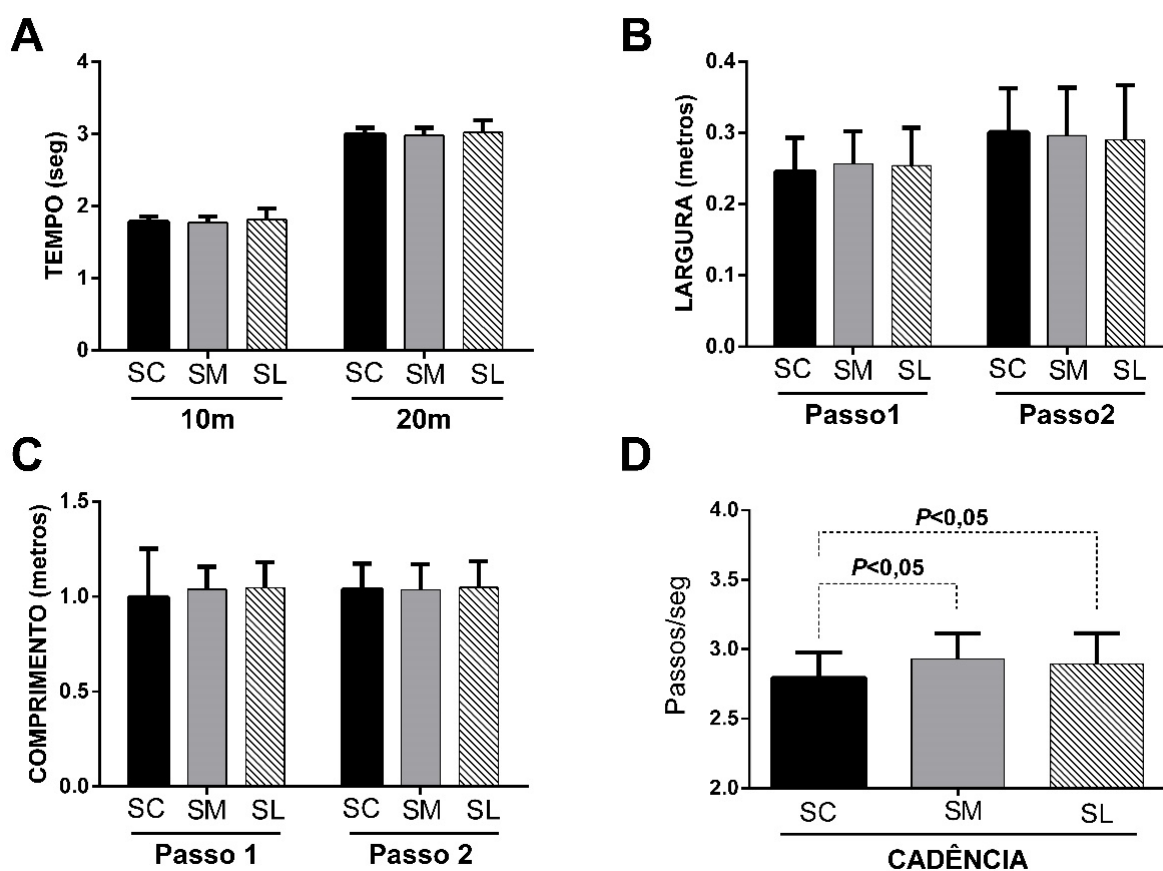
Além disso, verificou-se diferença significativa para velocidade vertical (VV), com maior valor para SM quando comparada a SL. Diferenças significantes também foram observadas em relação a distância do CM à linha de saída (DCML) que apresentou menor valor para a SC em relação as SM e SL, e ainda, menor valor

para SM em relação à SL. Quanto a altura do CM ao solo (ACMS), esta apresentou valores significativamente menor para SL quando comparada à SC.

### 3.4.3 Espaço-temporais e tempo de deslocamento

A figura 1 apresenta os resultados das variáveis de tempo de deslocamento nos 10 m e 20 m e espaço-temporais nas 3 diferentes condições de saída (SC, SM e SL). Os resultados demonstram não haver diferença significativa para o desempenho nos tempos de 10 m ( $F=2,619$ ;  $P=0,090$ ) e 20 m ( $F=2,333$ ;  $P=0,118$ ) (A), assim como para as variáveis de largura e comprimento dos passos (B, C). Em relação a variável cadência (D), a SC apresentou valores significativamente menores quando comparada a SM assim como na comparação com a SL ( $F=12,650$ ;  $P<0,001$ ).

**Figura 1** – Dados expressos em média e desvio padrão para o tempo nos 10 m e 20 m apresentados no gráfico **A** e variáveis espaço-temporais (LPP, LSP, CPP, CSP e CAD) nos gráficos **B**, **C** e **D**, comparados nas saídas curta, média e longa.



### 3.4.4 Correlação no tempo dos 10 e 20 metros

A tabela 4 apresenta a correlação das variáveis de CM e ET com o tempo de deslocamento nos 10 m e 20 m em cada uma das três diferentes condições de saída (SC, SM e SL). Na distância do CM da linha de saída (DCML) observou-se valores de correlação significativa para SM, tanto com o tempo dos 10 m assim como dos 20 m. Maior número de correlações com valores estatisticamente significantes foram observados na ACMS, tanto nos 10 m e 20 m da SM, como nos 20 m da SL.

A largura do passo 1 (LPP) também apresentou valores significantes para os 10 m e 20 m da SM. As demais variáveis não apresentaram valores de correlação estatisticamente significantes.

**Tabela 4** – Dados das variáveis de CM e ET do instante da saída à primeira passada, correlacionados com tempo nos 10 e 20 m, separadamente nas condições de SC, SM e SL.

	Saída Curta (SC)		Saída Média (SM)		Saída Longa (SL)	
	10m	20m	10m	20m	10m	20m
Amplitude Vertical (m)	0,149	0,052	0,094	0,098	0,004	0,062
Amplitude Médio-lateral (m)	-0,083	-0,124	0,079	0,135	0,013	-0,005
Velocidade Horizontal (m/s)	0,018	0,110	-0,262	-0,188	-0,040	0,168
Velocidade Médio-lateral (m/s)	0,021	-0,019	0,296	0,289	0,129	0,123
Velocidade Vertical (m/s)	0,011	-0,049	-0,132	-0,140	-0,103	-0,137
Velocidade Resultante (m/s)	0,062	0,148	-0,250	-0,165	-0,082	0,111
Velocidade Horizontal Pico (m/s)	-0,067	0,022	-0,163	-0,061	-0,105	0,045
Velocidade Médio-lateral Pico (m/s)	0,101	0,099	0,039	0,102	-0,125	-0,127
Velocidade Vertical Pico (m/s)	-0,024	-0,036	-0,259	-0,259	-0,165	-0,225
Velocidade Resultante Pico (m/s)	-0,049	0,035	-0,127	-0,035	-0,077	0,075
Distância CM Linha Saída (m)	-0,128	-0,057	-0,434**	-0,379*	-0,162	-0,154
Altura CM Solo (m)	-0,220	-0,262	-0,437**	-0,377*	-0,378	-0,483**
Comprimento Passo1 (m)	0,102	0,109	-0,089	-0,060	-0,241	-0,110
Comprimento Passo2 (m)	-0,003	-0,013	-0,013	0,087	0,029	0,126
Largura Passo1 (m)	-0,019	-0,003	0,319*	0,376*	0,120	0,166
Largura Passo2 (m)	-0,055	-0,067	-0,196	-0,084	0,052	0,120
Cadência Passada1 (m/s)	0,143	0,184	0,042	-0,043	0,171	0,148

rhoSpearman \* $P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,01$

A tabela 5 apresenta a comparação de melhor tempo de cada um dos atletas na distância de 10 m com a preferência de saída dos mesmos na SC, SM e SL, verificadas antes da realização dos testes.

**Tabela 5** – Comparação do tipo de saída preferida de cada sujeito (TOT.PREF.) com o tipo de saída na qual obteve melhor resultado (TOT. OBT.), considerando-se o melhor tempo de deslocamento nos 10 m em cada condição testada.

SAÍDA DE PREFERÊNCIA	MELHORES RESULTADOS NO TEMPO DE 10 M			
	CURTA	MÉDIA	LONGA	TOT. PREF.
<b>CURTA</b>	<b>0</b>	2	3	5 (33,3%)
<b>MÉDIA</b>	3	<b>5</b>	1	9 (60%)
<b>LONGA</b>	0	1	<b>0</b>	1 (6,7%)
<b>TOT. OBT.</b>	3 (20%)	8 (53,3%)	4 (26,7%)	

Observa-se nos resultados que nem sempre o melhor tempo foi obtido na saída preferencial. Na saída curta 5 atletas a preferiam, mas somente 3 obtiveram seu melhor tempo nesta mesma condição. Na saída média 9 apresentavam preferência inicial, no entanto 8 obtiveram o melhor desempenho nessa condição.

A saída longa foi preferida por somente um atleta, mas quatro tiveram melhor tempo neste tipo de saída. A diagonal da tabela 5 com números em negrito, mostra o número de atletas em cada condição que à preferiam e também a executaram com o melhor tempo nos 10 m.

### 3.5 Discussão

Os principais resultados da análise cinemática nas três condições de saída com bloco confirmaram a hipótese de existência de diferenças no desempenho de atletas na saída para 100 m rasos, quando comparadas as condições de saída SC, SM e SL.

Diferentes condições de saída baixa, tem gerado diferentes informações cinemáticas sobre a posição e velocidade do centro de massa (CM), comprimento de passadas e velocidade linear (CHEN, et al.2016). Neste contexto, o objetivo deste estudo foi analisar possíveis alterações em variáveis de CM, tempo (T) e espaço-temporais (ET), comparando-as em três diferentes condições de saída (SC, SM e SL) para prova de 100 m rasos. As diferentes condições tiveram por base a

distância dos pedais do bloco à linha de saída e o posicionamento dos ombros no instante da saída (posição “prontos”).

Ressalta-se que neste estudo optou-se por um protocolo metodológico ainda não testado, no qual foi respeitado o espaço interpedais preferencial de cada atleta, repetidos nas condições de saída curta, média e longa, sendo o deslocamento de ambos os pedais proporcional em todas as condições. O modelo proposto difere neste sentido dos estudos da literatura (SI et al. 2010; SARKAR, DAS e BHOWMICK, 2012; SLAWINSKI et al. 2012; SLAWINSKI et al. 2013; CHEN, et al. 2016) nos quais também foram utilizadas a saída curta, média e longa, no entanto tomando por base diferentes distâncias interpedais. Os resultados mostraram que modificações proporcionais na distância dos pedais do bloco para estabelecer as condições de saída apresentaram diferenças em variáveis relacionadas ao deslocamento do CM e espaço-temporais.

Dentre as variáveis de CM (Tabela 3) a distância do CM à linha de saída (DCML) mostrou-se com diferença significativa, com menor distância na SC, seguida da SM e maior distância na SL. Os valores encontrados podem ser explicados, em razão da diferente distribuição da massa corporal dos atletas pelos pontos de apoio (4 apoios) em cada tipo de saída. Ou seja, quanto maior a distância entre os apoios pedal e manual, maior será a distância do CM da linha de saída, já que o atleta não pode posicionar as mãos sobre ou à frente da linha. Pelo mesmo motivo, só que inversamente, também se explica o valor significativo encontrado para a altura do CM ao solo (ACMS), maior para a SC do que para a SL. A ACMS encontrada (Tabela 3) tem valores pouco maiores neste estudo do que valores encontrados em estudo de Chen, et al. (2016), possivelmente em razão de diferenças metodológicas utilizadas para estabelecer a SC, SM e SL.

Observa-se na Tabela 3, diferenças significativas para a variável velocidade médio-lateral (VML), com maior valor para SL do que para SC, sugerindo neste caso melhor resultado para SL, haja vista que o deslocamento médio-lateral pode ser considerado indesejável, por representar um desgaste energético desnecessário em sentido diverso à direção da corrida, e caso ocorra sugere-se que deva ser realizado no menor tempo possível.

Números para velocidade resultante (VR) encontrados corroboram com os dados de Chen, et al. (2016), não apresentando significância estatística em ambos

os estudos, no entanto, os valores para VR do presente estudo se apresentaram um pouco menores em relação aos reportados por Chen e colaboradores, possivelmente em razão da diferença no nível dos atletas integrantes das amostras (tempo médio nos 100 m rasos de  $11,25 \pm 0,37$  s neste estudo e  $10,94 \pm 0,20$  s no estudo de Chen, et al. (2016).

Considerando-se os resultados estatísticos, a princípio parece não haver um tipo de saída mais eficaz, uma vez que ocorreu maior número de variáveis sem significância do que com significância estatística. Esta observação se reforça na Figura 1 A que compara o tempo nos 10 m e 20 m e na figura 1 B e C que comparam a largura e comprimento dos passos 1 e 2 em cada condição, sem demonstrar significância nos seus valores. No entanto, resultados significativos encontrados na cadência (CAD - figura 1 D), favoreceram a SM e SL em relação à saída curta, uma vez que, a melhor cadência pode traduzir em maior eficácia para um ou outro tipo de saída e conseqüentemente melhor desempenho dos atletas (COH e TOMAZIN, 2006).

Resultados encontrados na tabela 4 para as variáveis de altura do CM ao solo e distância do CM da linha de saída apresentaram correlação significativa para a SM nas distâncias de 10 m e 20 m, no entanto, números negativos indicam relação inversa, ou seja, uma maior altura do CM ao solo assim como maior distância do CM à linha de saída proporcionaram melhor tempo na SM tanto na distância de 10 m como nos 20 m. Números com significância na LPP só que positivos, também foram favoráveis à SM e demonstraram que, quanto maior foi a amplitude do primeiro passo, menor foi a velocidade nas distâncias de 10 m e 20 m. Os resultados apontam que para maior efetividade na saída, devem ser realizadas com o CM mais alto do solo e mais distante da linha de saída, e ainda com um primeiro passo mais curto. Em suma, os resultados da tabela 4 apontaram a saída média como melhor que as demais condições de saída.

A velocidade horizontal (VH), considerada de grande importância para a realização de uma boa saída (SCHOT e KNUTZEN, 1992; SLAWINSKI et al. 2012; SLAWINSKI et al. 2013; CHEN, et al. 2016), não apresentou neste estudo diferenças significativas na comparação ou correlação (Tabelas 3 e 4). Ainda assim, os valores mais altos encontrados na VH para a SM, ligeiramente sugerem que a SM é o tipo de saída mais eficaz, corroborando com achados em outros estudos da

literatura (SI, et al., 2010; SLAWINSKI et al., 2013; CHEN, et al. ,2016). Há de considerar-se aqui, que maior vetor de força horizontal permite aos velocistas uma melhor aceleração na fase de saída do bloco (OTSUKA et al. 2015).

Resultados apresentados na tabela 5 mostram que as condições de saída preferida pelos atletas nem sempre correspondem àquelas na qual tiveram melhor resultado na distância de 10 m, significando que a opção dos atletas nem sempre é a correta. Os dados apresentados mostram que a saída curta teve maior número de preferências (5) do que a longa (1), já no desempenho a longa foi melhor que a curta em número de atletas, 4 e 3 respectivamente. No entanto, a saída média foi a condição que apresentou maior número de atletas na preferência antes dos testes (9), assim como maior número (8) no melhor desempenho no tempo dos 10 m. Isto considerado, pode-se afirmar que a saída média é o melhor tipo de saída, uma vez que foi também a condição que apresentou maior número de mesmos sujeitos (5) que a preferiam e que também tiveram o melhor desempenho nos 10 m. Ambas as outras condições (SC e SL), tiveram atletas que as preferiam e atletas que as executaram com melhor desempenho nos 10 m, mas em nenhum caso os sujeitos foram os mesmos.

No somatório das 3 condições de saída (tabela 5), comparados os atletas que preferiam um tipo de saída e que realmente o executaram como melhor, houve maior número de erros (10) do que acertos (5) sendo os acertos todos na SM, reforçando ser a saída média a de maior eficácia. Mesmo que em linhas gerais a SM tenha sido considerada melhor que a SC e SL, destaca-se a necessidade de investigação individualizada, considerada neste caso extremamente necessária, uma vez que a maior parte dos sujeitos não teve como preferência a saída que teve melhor desempenho nos 10 m. Os resultados sugerem a necessidade de período de intervenção para familiarização nos diferentes tipos de saída, antes da aplicação dos testes.

### **3.6 CONCLUSÃO**

Considerando o objetivo do presente estudo que foi verificar possíveis alterações em variáveis de centro de massa e espaço temporais no instante da saída até a primeira passada e o tempo de deslocamento nos 10 e 20 m após a

saída. Assim, a partir dos dados de comparação e correlação apresentados, tornou-se visível os diferentes padrões de eficácia para os diferentes tipos de saída testados, com ligeira vantagem para a saída média que apresentou resultados favoráveis principalmente nas variáveis de altura do CM e na distância do CM. Portanto, considerados os resultados encontrados, mais especificamente os achados na correlação de variáveis de CM e ET com o tempo de 10 e 20 m nas diferentes condições testadas, pode-se concluir que a saída média (SM) foi a que proporcionou melhor eficácia, permitindo melhor desempenho dos atletas, considerado do instante da posição de saída do bloco até completar uma passada. Resultado que favorece a SM como melhor, corrobora aos dados verificados no tipo de saída cujo maior número de atletas preferiam antes dos testes e que também executaram como a melhor no tempo dos 10 m.

### 3.7 REFERÊNCIAS

1. BERGAMINI, E.; GUILLON, P.; CAMOMILLA, H.P.; SKALLI, W. E.; CAPOZZO, A. Trunk inclination estimate during the sprint start using an inertial measurement unit: a validation stud. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 29, p. 622-627, 2013.
2. BEZODIS, N. E. **Biomechanical investigations of sprint start technique and performance**. 2009. 281 f. (Doutorado em Filosofia). University of Bath, Bath, United Kingdom, 2009.
3. BEZODIS, N.E.; SALO, A. I. T.; TREWARTHA, G. Choice of sprint start performance measure affects the performance-based ranking within a group of sprinters: which is the most appropriate measure? **Sports Biomechanics**, v. 9, n. 4, p. 258-269, nov. 2010.
4. CHEN, Y.; WU, K.; TSAI, Y.; YANG, W.; CHANG, J. The Kinematic Differences of three types of crouched positions during a sprint start. **Journal of Mechanics in Medicine and Biology**, v. 16 n. 7 p. 1650099-1-1650099-12, apr. 2016.
5. CIACCI, S.; MERNI, F.; BARTOLOMEI, S.; DI MICHELE, R. Sprint start kinematics during competition in elite and world-class male and female sprinters. **Journal of Sports Sciences**, p. 1-9, aug. 2016.
6. COH, B. M.; TOMAZIN, K. Kinematic analysis of the sprint start. **IAAF New Studies in Athletics**, v. 21, n. 3, p. 23–33, 2006.
7. COH, B. M; PEHAREC S.; BACIC, P. E.; MACKALA K. Biomechanical differences in sprint start between faster and slower high-level sprinters. **Journal of Human kinetics**, v. 56, p. 29-38, 2017.
8. DE LEVA, P. Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanov's segment inertia parameters. **Journal of Biomechanics**. v. 29, n. 9, p. 1223-1230, 1996.
9. HARLAND, M.; STEELE, J. Biomechanics of the sprint start. **Sports Medicine**. V. 23, p. 11-20, 1997.
10. HARRISON, D.; COMYNS, T. **Biomechanics of the Sprint Start**. The University of Limerick, Ireland. Disponível em: <[www.coachesinfo.com/information and education for coaches](http://www.coachesinfo.com/information-and-education-for-coaches)>. Acesso em: 14 jul. 2014.
11. MATTHIESEN, S. Q. **Atletismo: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2007, 221 p.

12. MILANESE, C.; BERTUCCO, M.; ZANCANARO C. The effects of three different rear knee angles on kinematics in the sprint start. **Biology of Sport**. v. 31, n.3, p. 209–215, aug. 2014.
13. OTSUKA, M.; KURIHARA, T.; ISAKA, T. Effect of a Wide Stance on Block Start Performance in Sprint Running. **PLOS ONE**, v. 10, n.11, 2015.
14. SARKAR, A.K.; DAS, S. S.; BHOWMICK, S. Effect of block spacing on acceleration speed. **International Journal of Behavioral Social and Movement Sciences**, v.1, n. 4, p. 23-28, out., 2012.
15. SCHOT, P.K.; KNUTZEN, K. M. A biomechanical analysis of four sprint start positions. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 63, n. 2, p. 137–47, dez. 1992.
16. SHINOHARA, Y.; MAEDA, M. The role of the starting block in sprinting and its influence on a crouch start. **Japan journal. Physical. Education. Health. Sport Sciences**. v. 60, n. 2, p. 667-684, 2015.
17. SI, W. YAN, Z.Z.; LI, Y., LIU, S.P. The crouch start modeling and simulation based on anybody technology. **International Journal of Digital Content Technology And Its Applications**, v. 4, n. 8, p. 8-14, nov. 2010.
18. SLAWINSKI, J.; BONNEFOY, A.; ONTANON, G.; LEVEQUE, J.M.; MILLER, C.; RIQUET, A.; CHEZE, L.; DUMAS, R. Segment-interaction in sprint start: Analysis of 3D angular velocity and kinetic energy in elite sprinters. **Journal of Biomechanics**, v.43, n. 8, p. 1494-1502, mar. 2010.
19. SLAWINSKI, J.; DUMAS, R.; CHEZE, L.; ONTANON, G.; MILLER, C.; MAZURE–BONNEFOY, A. 3 D of bunched, medium and elongated sprint start. **Sports Medicine**, v. 33, p. 555-560, 2012.
20. SLAWINSKI, J.; DUMAS, R.; CHEZE, L.; ONTANON, G.; MILLER, C.; MAZURE–BONNEFOY, A. Effect of postural changes on 3D joint angular velocity during starting block phase. **Journal of Sports Sciences**, v. 31 n. 3, p. 256-163, out. 2013.

## 4 CAPÍTULO IV

### ARTIGO 3: ATIVIDADE ELETROMIOGRÁFICA EM DIFERENTES TIPOS DE SAÍDA PARA PROVA DE 100 M RASOS NO ATLETISMO

#### 4.1 RESUMO

A eletromiografia (EMG) é considerada um método eficaz para verificar níveis de ativação muscular no desempenho de atividades esportivas. O objetivo deste estudo foi analisar a atividade EMG dos músculos gastrocnêmio medial (GM), reto femoral (RF) e porção longa do bíceps femoral (BF<sub>PL</sub>), em diferentes condições de saída de bloco, saída curta (SC), saída média (SM) e saída longa (SL) para prova de 100 m rasos, caracterizadas pela distância do pedal dianteiro do bloco à linha de saída e posição dos ombros em relação à linha de saída. Participaram do estudo 15 atletas velocistas masculinos ( $21,49 \pm 4,68$  anos), que realizaram três repetições em cada condição de saída no bloco (SC, SM, SL), aleatorizadas para cada atleta. Os testes foram realizados em pista de material sintético onde o tempo nos 10 e 20 metros após a saída foram registrados por fotocélulas. A análise da atividade EMG dos músculos GM, RF e BF<sub>PL</sub> foram realizadas de acordo com os procedimentos propostos pelo SENIAM, utilizando eletromiógrafo modelo Trigno™ Wireless EMG System (Delsys®) e eletrodos de superfície bipolares ativos. ANOVA para medidas repetidas, seguido de *post-hoc* de múltiplas comparações de Sidak, foram empregados na análise das variáveis EMG. O valor de significância adotado foi de  $p < 0,05$ . Os resultados demonstraram que os níveis de atividade dos músculos BF<sub>PL</sub> e RF foram significativamente maiores que do músculo GM, independente da condição de saída do bloco e do tipo de apoio pedal ( $p < 0,05$ ). Constatou-se também que os valores de atividade muscular do músculo BF<sub>PL</sub> entre as condições de saída, SC e SL ( $17,0 \pm 0,6$  vs  $14,3 \pm 0,5$ ;  $p < 0,05$ , respectivamente) e SM e SL ( $15,8 \pm 0,5$  vs  $14,3 \pm 0,5$ ;  $p < 0,05$ , respectivamente) no apoio pedal traseiro, apresentaram diferenças significativas. Da mesma forma, foram verificadas diferenças significativas entre os valores de atividade do músculo BF<sub>PL</sub> entre SC e SM ( $16,7 \pm 0,5$  vs  $15,1 \pm 0,5$ ;  $p < 0,05$ , respectivamente) no apoio pedal dianteiro. Assim, observou-se que independentemente do tipo de saída do bloco e do tipo de apoio pedal, a atividade dos músculos BF<sub>PL</sub> e RF foi maior que do músculo GM. Os números mostraram que a SC e a SM apresentaram-se como as melhores opções de saída do bloco para prova de 100 m rasos, com resultados ligeiramente favoráveis à SM em razão da maior ativação do RF no pedal dianteiro.

**Palavras-chave:** EMG, atividade muscular, saída de bloco, velocidade, atletismo.

## 4.2 INTRODUÇÃO

A EMG tem sido utilizada entre outras finalidades, para avaliações ergonômicas que determinam músculos mais passíveis de stress e lesão e para o desempenho esportivo na verificação da fase da ação motora que um músculo ou grupo muscular é mais ativado (ROBERTSON, et al. 2014).

Ball e Scurr (2013) apontam para importância da EMG na análise da atividade de músculos envolvidos em ações motoras de alta intensidade (potência), como por exemplo, a saída em provas de velocidade no atletismo.

A saída é considerada uma fase extremamente importante em provas de velocidade, sendo que pequenas melhoras na sua performance, pode resultar em grande ganho no desempenho final do atleta (BEZODIS, 2009).

Estudo de Mero e Komi (1990) que investigou a atividade EMG dos músculos gastrocnêmio lateral, glúteo máximo, reto femoral, vasto lateral e bíceps femoral porção longa de atletas velocistas em máxima saída do bloco, mostrou que músculos biarticulares são mais ativados que os monoarticulares. Esses achados são corroborados por Kyröläinen, Komi e Belly (1999), que encontraram atividade significativamente maior nos músculos biarticulares durante corrida máxima.

Guissard, Duchateau e Hainaut (1992), ao analisarem a atividade EMG dos músculos vasto medial, gastrocnêmio medial e sóleo de dezessete velocistas submetidos à saída com bloco em 3 diferentes condições angulares até completar 10 m, concluíram que a melhor performance está associada a maior ativação do gastrocnêmio medial.

Estudo de Jacobs e Schenau (1992) proporcionou feedback na técnica de saída de 7 atletas velocistas, com base na atividade EMG monitorada em nove músculos dos membros inferiores. Resultados apontaram que os padrões de ativação neuromuscular sequencial refletem diretamente nos padrões da potência gerada nas articulações.

Vale ressaltar que, estudos utilizando-se da EMG para investigar a atividade relativa de vários músculos durante corrida de velocidade, têm reportado significantes mudanças quando a velocidade é aumentada de submáxima para supramáxima (MERO; KOMI, 1987).

Em estudo com atleta velocista, Coh et al. (2009), analisaram a atividade EMG de diversos músculos na saída do bloco e aceleração até duas passadas e constataram que os músculos mais ativados foram o eretor da espinha, o vasto lateral e o gastrocnêmio medial.

Após análise EMG dos membros inferiores envolvidos na saída, Guissard e Duchateau (1990) relataram que o reto femoral e tibial anterior foram ativados imediatamente na saída do bloco e quando o reto femoral cessava sua atividade o bíceps femoral era ativado, por tratar-se de músculos antagônicos.

Ao analisarem a atividade EMG de diversos músculos de ambos os MMII na saída com bloco, Pain e Hibbis (2007), concluíram que as regras atuais de no mínimo 100 ms para o tempo de reação em saída de provas de velocidade poderiam ser modificadas. Fundamentam que alguns valores de latência da atividade EMG ocorreram por volta de 65 ms.

Portanto, ainda que alguns estudos tenham investigado a atividade EMG e sua relação com o desempenho esportivo de velocistas, deve-se considerar que as diferentes condições de saída para a prova de 100 m rasos podem apresentar diferentes níveis de ativação muscular, uma vez que podem ser influenciadas pela regulagem dos pedais do bloco, neste caso, feita pela proporcionalidade do espaço interpedais utilizada no dia a dia dos sujeitos e alterações na posição dos ombros, o que até o momento parece não ter sido explorado pelos estudos disponíveis na literatura.

Desse modo, investigações baseadas em diferentes condições de saída do bloco para 100 m rasos, mantendo o espaço interpedais utilizados pelos sujeitos, observada ainda a posição dos ombros à linha de saída (atrás, sobre ou à frente), parecem ser determinantes para entender como os músculos contribuem para uma melhor saída na prova de 100 m rasos, que se confirmada, poderá ser utilizada em ações práticas no treinamento de atletas, para melhorar o desempenho em competições.

Assim, o objetivo do presente estudo foi analisar a atividade EMG dos músculos gastrocnêmio medial (GM), reto femoral (RF) e bíceps femoral porção longa (BFPL), nas condições de saída de bloco curta (SC), média (SM) e longa (SL) para prova de 100 m rasos no atletismo, tendo por base a distância do pedal dianteiro à linha de saída e as diferentes posições dos ombros.

## 4.3 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.3.1 Sujeitos

Fizeram parte do estudo quinze atletas ( $21,5 \pm 4,7$  anos) velocistas da modalidade de atletismo do sexo masculino, cujas características físicas, de treinamento e desempenho nas provas de 100 m são apresentadas na sessão resultados (Tabela 1).

### 4.3.2 Delineamento

Inicialmente, os participantes deste estudo foram informados dos procedimentos os quais seriam submetidos e em seguida assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, sob nº CAAE 30235814.0000.5231. Posteriormente, foram submetidos às medidas antropométricas e de composição corporal no laboratório.

Na sequência os sujeitos foram submetidos ao experimento, que foi realizado em pista de atletismo oficial de material sintético, utilizando bloco com dimensões oficiais da IAAF. Os testes foram realizados em período pré-competitivo e os sujeitos foram submetidos a três condições experimentais de saída no bloco: saída curta (SC), saída média (SM) e saída longa (SL), que foram repetidas por três vezes cada, com intervalo de 3 a 5 minutos.

A referência para cada condição foi estabelecida pela distância do pedal dianteiro à linha de saída, regulada pela posição dos ombros em relação a linha de saída ao comando “prontos”: à frente, sobre e atrás respectivamente para SC, SM e SL. À distância interpedais preferencial utilizada no dia a dia pelos sujeitos foi respeitada nos testes. A média de distância entre o pedal dianteiro e a linha de saída foi para a SC de  $48,6 \pm 2,8$  cm (mín. 44 e máx. 54 cm), para a SM de  $58,0 \pm 4,0$  cm (mín. 48,5 e máx. 64 cm), e para a SL de  $67,7 \pm 5,3$  cm (mín. 52 e máx. 74 cm).

Antes de cada condição de saída os sujeitos realizaram aquecimento em condições habituais. Os comandos de saída foram realizados conforme regras da IAAF a partir de um sinal sonoro. Foi solicitado aos sujeitos que pressionassem os pés contra os pedais do bloco e que dessem o seu máximo na saída até completar 20 m. Em todas as condições de saída e para cada uma das 3 repetições, foram

registrados sinais EMG dos músculos gastrocnêmio medial (GM), reto femoral (RF) e bíceps femoral de porção longa (BF<sub>PL</sub>) de ambos os MMII, nas 3 primeiras contrações.

O tempo de deslocamento nos 10 m e 20 m foram registrados a partir da linha de saída por células fotoelétricas da marca Multisprint® (Hidrofit, Minas Gerais, Brasil).

#### 4.3.3 Procedimentos para EMG

Para aquisição da atividade EMG dos músculos GM, RF e BF<sub>PL</sub> de ambos os MMII foi utilizado um eletromiógrafo modelo Trigno™ Wireless EMG System (Delsys®) e eletrodos bipolares ativos compostos por 4 barras paralelas de Prata (Ag) com distância intereletrodos de 10 mm e dimensões de 276 x 241 x 127 mm, conversor analógico/digital (A/D) de 16 bits de resolução, capacidade de transmissão de 20 m de distância, taxa de Aquisição 2000 Hz e razão de rejeição de modo comum (CMRR) > 80 dB. Os sinais foram registrados em software de processamento de dados EMGworks® 4.3.0.

Os eletrodos foram fixados à pele por fita adesiva de alta aderência após assepsia e curetagem do local. Os pontos anatômicos obedeceram a padronização proposta pelo SENIAM (HERMENS et al., 2000).

Foram utilizados valores médios de RMS (*root mean square*) em microvolts ( $\mu\text{V}$ ) conforme proposto por CAMATA et al. (2011) e normalizados pelo pico de EMG de acordo com BURDEN et al. (2003). Para obtenção dos valores de RMS, os sinais EMG brutos foram submetidos à filtro digital passa-banda de 20 Hz e 450 Hz, em seguida retificados e suavizados. O processamento dos dados foi realizado em ambiente de simulação matemática MatLab 7.0 (Mathworks®, South Natick, MA, USA).

#### 4.3.4 Análise estatística

Para análise de normalidade foi empregado o teste de Shapiro-Wilk. Para pressuposto de esfericidade foi utilizado o teste de Mauchly, quando não atendida, foi utilizado valores de F e P para correções dos graus de liberdade propostos por Greenhouse-Geisser e Huynh-Feldt. Os resultados das variáveis analisadas foram agrupados em valores de média e desvio-padrão. Os valores de atividade

EMG de cada músculo em cada condição de saída foram comparados utilizando análise de variância para medidas repetidas (ANOVA) seguidas do *post-hoc* de múltiplas comparações de Sidak. Os dados foram analisados e apresentados utilizando os softwares estatísticos SPSS 20 e GraphPad Prism 6. O valor de significância adotado foi de  $p < 0.05$ .

#### 4.4 RESULTADOS

As características físicas, de treinamento e desempenho nas provas de 100 m dos sujeitos estudados são apresentadas na tabela 1.

**Tabela 1** – Caracterização dos sujeitos em idade, massa corporal (MC), estatura, Gordura Corporal (GC), tempo de treino (T.TREINO), tempo nos 100 m rasos (TEMPO) e tipo de saída preferencial (S.PREF).

Sujeitos	IDADE (anos)	MC (Kg)	ESTATURA (cm)	GC (%)	T.TREINO (anos)	TEMPO 100 (s)	S.PREF. (tipo)
1	25,3	78,9	184,2	10,40	10	11,4	Média
2	21,1	69,5	175,0	9,10	9	11,4	Curta
3	20,0	67,1	174,9	9,00	3,6	11,3	Média
4	17,4	55,9	168,7	10,10	4	11,4	Longa
5	18,2	73,4	187,5	10,00	5	11,2	Média
6	19,8	67,4	174,7	11,20	2	10,81	Média
7	17,0	72,7	175,7	3,80	3,5	11,95	Curta
8	25,9	84,9	179,3	9,30	14	10,8	Média
9	19,5	70,5	176,0	9,30	3	11,78	Curta
10	17,4	67,9	172,5	9,50	3	11,2	Média
11	16,6	68,4	172,2	7,80	4	11,22	Média
12	25,9	76,4	187,6	10,00	11,6	10,84	Média
13	33,7	74,8	179,0	10,50	11	10,68	Curta
14	20,5	64,5	177,3	9,10	3,5	11,6	Média
15	24,2	65,5	176,0	11,00	11	11,13	Curta
<b>Média</b>	<b>21,5</b>	<b>70,5</b>	<b>177,4</b>	<b>9,34</b>	<b>6,5</b>	<b>11,25</b>	
<b>D. Padrão</b>	<b>4,7</b>	<b>6,8</b>	<b>5,4</b>	<b>1,76</b>	<b>4,0</b>	<b>0,37</b>	

Quando comparados nas diferentes condições de saída o tempo médio obtido no deslocamento de 10 m ( $SC = 1,78 \pm 0,08$  s;  $SM = 1,77 \pm 0,08$  s;  $SL = 1,82 \pm 0,15$  s), bem como nos 20 m ( $SC = 2,99 \pm 0,09$  s;  $SM = 2,98 \pm 0,11$  s;  $SL = 3,02 \pm 0,17$  s), não se constatou diferenças significativas no desempenho dos sujeitos ( $p > 0,05$ ).

Cada atleta relatou a preferência por um dos tipos de saída (SC, SM e SL) antes dos testes. Após os testes, indicaram a percepção subjetiva individual em qual tipo de saída realizou o seu melhor desempenho (Tabela 2).

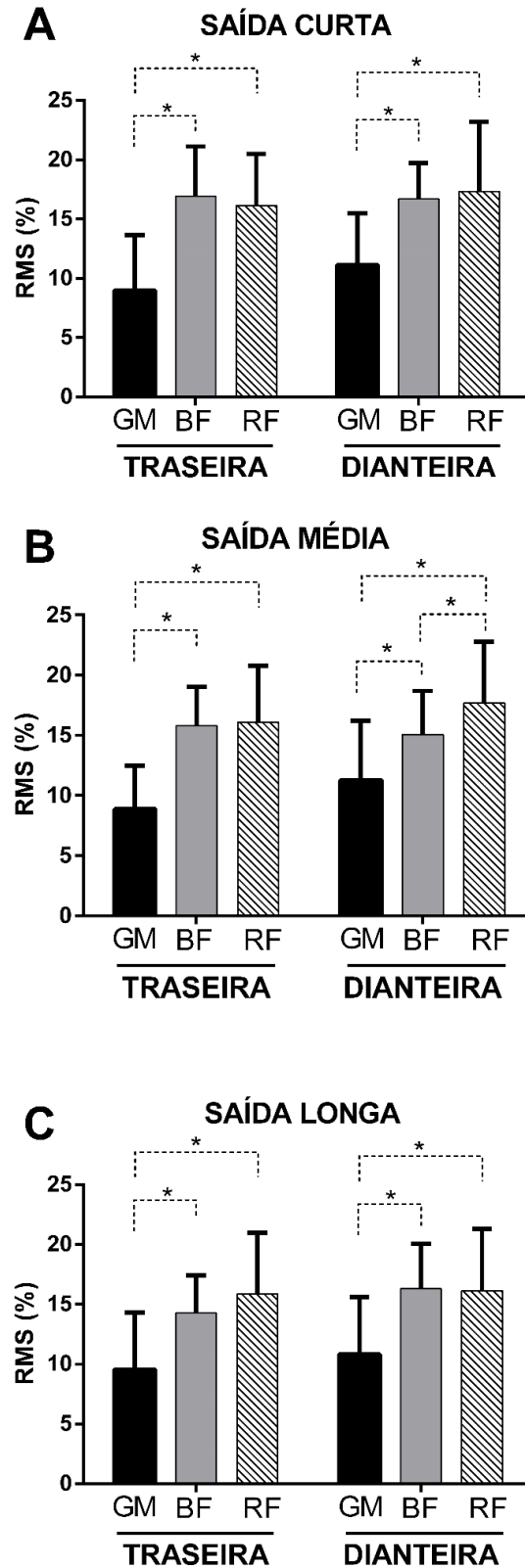
**Tabela 2** – Números absolutos e relativos para a saída preferencial dos sujeitos, antes e após os testes, nas diferentes condições de saída.

	<b>TIPO</b>	<b>N</b>	<b>%</b>
<b>Saída preferida (antes)</b>	Curta	5	33,3%
	Média	9	60,0%
	Longa	1	6,7%
<b>Saída percebida (após)</b>	Curta	3	20,0%
	Média	11	73,3%
	Longa	1	6,7%

Nos resultados de comparação dos valores de atividade EMG dos músculos gastrocnêmio medial (GM), bíceps femoral porção longa (BF<sub>PL</sub>) e reto femoral (RF), em cada condição de saída do bloco (SC, SM e SL) separadamente no apoio pedal traseiro e apoio pedal dianteiro, constatou-se níveis de atividade muscular dos músculos BF<sub>PL</sub> e RF, significativamente maiores que os encontrados no músculo GM ( $p < 0,05$ ), sendo esta ocorrência em todas as condições de saída e apoios pedais (Figura 1A, 1B e 1C).

Assim como constatou-se no apoio pedal dianteiro da SM, valor significativamente maior de atividade do músculo RF em relação ao músculo BF<sub>PL</sub> ( $17,0 \pm 0,6$  vs  $14,3 \pm 0,5$ ;  $p < 0,05$ , respectivamente), (Figura 1B).

**Figura 1** – Comparação dos valores de atividade EMG (Média  $\pm$  DP) entre os músculos gastrocnêmio medial (GM), bíceps femoral porção longa (BF<sub>PL</sub>) e reto femoral (RF), nas saídas curta (A), média (B) e longa (C), nos apoios pedal traseiro e dianteiro. \*Diferença significativa entre os músculos estudados ( $p < 0,05$ ).

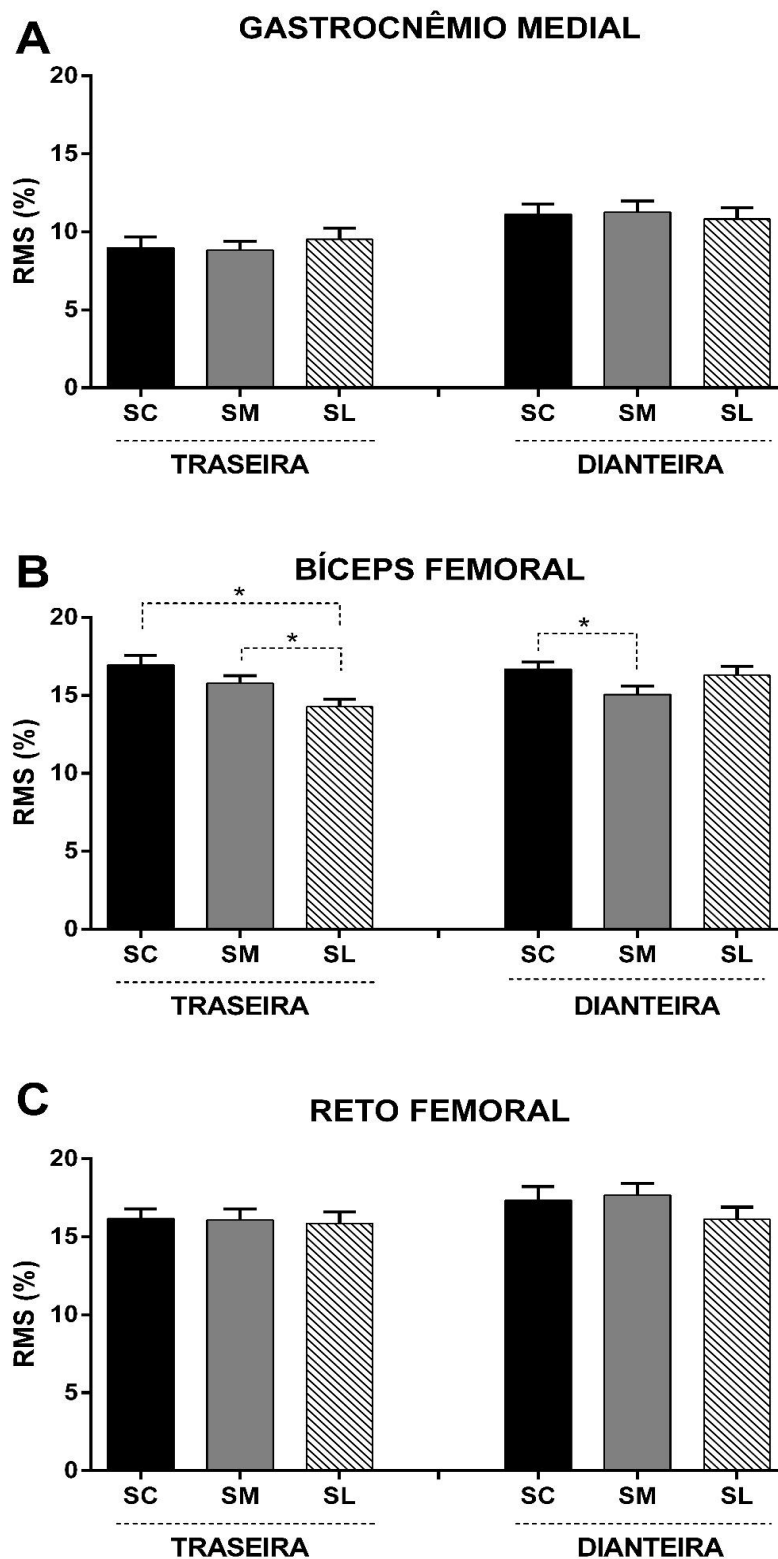


Na figura 2 (A, B e C) são apresentados os valores da atividade EMG de cada músculo (GM, BF<sub>PL</sub> e RF) comparado entre as condições de saída SC, SM e SL, separadamente para o apoio pedal traseiro e para o apoio pedal dianteiro.

Os resultados da comparação dos valores de RMS do músculo BF<sub>PL</sub>, entre SC e SL ( $17,0 \pm 0,6$  vs  $14,3 \pm 0,5$ ;  $p < 0,05$ , respectivamente) e SM e SL ( $15,8 \pm 0,5$  vs  $14,3 \pm 0,5$ ;  $p < 0,05$ , respectivamente) foram significativos no MMII de apoio pedal traseiro, com vantagens para SC no primeiro caso e para SL no segundo caso. O mesmo músculo (BF<sub>PL</sub>) do MMII apoiado no pedal dianteiro também apresentou diferença significativa nos valores de RMS, mas somente para a comparação da SC com a SM ( $16,7 \pm 0,5$  vs  $15,1 \pm 0,5$ ;  $p < 0,05$ , respectivamente), neste caso, mais expressivos para SC (Figura 2B).

Quanto aos músculos GM e RF, em ambos os apoios pedais não foram encontradas diferenças significativas quando comparadas as condições SC, SM e SL ( $p < 0,05$ ) (Figuras 2A e 2C).

**Figura 2** – Comparação dos valores de atividade EMG (Média  $\pm$  DP) dos músculos gastrocnêmio medial (**A**), bíceps femoral porção longa (**B**) e reto femoral (**C**), entre as saídas curta (SC), média (SM) e longa (SL), nos apoios pedal traseiro e dianteiro. \*Diferença significativa entre as condições de saída ( $p < 0,05$ ).



## 4.5 DISCUSSÃO

A ação na saída do bloco em provas de velocidade, envolve contrações isométrica, excêntrica e concêntrica, sendo a transição desta para a fase de aceleração bastante complexa e que requer altos níveis de ativação muscular (COH et al. 2009). Mero e Komi (1990) demonstraram que após o do tiro de saída, cada músculo extensor do membro inferior deve contribuir maximamente para a produção de força. Esses mesmos autores sugerem que, se o começo da atividade elétrica for bem rápida no músculo todo, o desempenho neuromuscular será maximizado rapidamente.

Desse modo, o presente estudo analisou a atividade dos sinais EMG dos músculos gastrocnêmio medial (GM), reto femoral (RF) e bíceps femoral porção longa (BF<sub>PL</sub>) de ambos os MMII, nos apoios pedais traseiro e dianteiro do bloco, em diferentes condições de saída para prova de 100 m rasos. Os músculos investigados no presente estudo tratam-se de músculos biarticulares, os quais possuem maior ativação e distribuem a potência para articulações adjacentes, aplicando mais eficientemente a força de acordo com a demanda (JACOBS e SCHENAU, 1992; MERO e KOMI, 1990).

O bíceps femoral (BF) e o reto femoral (RF) são músculos antagônicos da coxa, sendo o BF extensor do quadril e flexor do joelho e o RF extensor do joelho e flexor do quadril (Muscolino, 2016), sendo a ativação dos mesmos considerada importante na performance da saída com bloco (COH et al. 2009). Não menos importante, o gastrocnêmio medial (GM) tem sua principal ação na flexão plantar, e é considerado para Coh et al. (2009), como o mais importante músculo gerador de eficiência na saída do bloco e na fase de aceleração.

Vale ressaltar, que o tempo de deslocamento pode levar a alterações do desempenho nos diferentes tipos de saída, no entanto nem sempre apresentam diferenças estatisticamente significativas, como observado no presente estudo. Já a força produzida pelos MMII parece ser um bom referencial, com maior contribuição no apoio pedal dianteiro durante a saída, correspondendo a 66% da força total aplicada nos pedais do bloco (COH, et al. 2009). Assim, uma maior ativação muscular observada no RF em relação ao BF<sub>PL</sub> no pedal dianteiro para a SM, parece ser uma explicação razoável para inferir melhores resultados para este tipo de saída. No entanto, parece haver uma contribuição muito específica de cada

músculo em cada um dos tipos de saída, possivelmente em razão do posicionamento do CM e de diferentes ângulos articulares utilizados em cada um deles.

Adicionalmente, as diferenças observadas em favor do BF<sub>PL</sub> na SC demonstraram que a ativação deste músculo parece ser de grande importância para este tipo de saída, diferentemente, os músculos GM e RF tiveram ativação similar em todos as condições de saída testadas. Observa-se algumas diferenças no apoio pedal dianteiro entre RF e BF<sub>PL</sub> (agonista/antagonista), que resultou em maior ativação dos músculos RF na SM e BF<sub>PL</sub> na SC. Curiosamente, esses efeitos foram observados no MMII posicionado no apoio dianteiro, que segundo Coh et al. (2009) tem maior contribuição no desempenho durante a saída (66%), demonstrando a necessidade de respeitar a especificidade durante o treinamento, com observação para uma maior contribuição no trabalho muscular do BF<sub>PL</sub> na SC e do RF na SM.

#### **4.6 CONCLUSÃO**

Independentemente do tipo de saída e do pedal de apoio no bloco, a atividade dos músculos BF<sub>PL</sub> e RF apresentaram-se maiores que a atividade do músculo GM, demonstrando que diferentes tipos de saída proporcionam diferentes níveis de recrutamento das fibras musculares, caracterizando assim a ativação em cada um dos músculos.

Os resultados permitiram observar que a SC e a SM apresentam-se como as melhores opções de saída do bloco para prova de 100 m rasos, com ligeira vantagem para SM em razão da maior ativação do RF no pedal dianteiro. Achados deste estudo sugerem que para otimização da tarefa motora, deve-se atentar para a contribuição da atividade de cada um dos músculos nos diferentes tipos de saída, uma vez que os extensores de quadril parecem ser mais relevantes para a SC, assim como os extensores de joelho parecem ser mais relevantes para a SM.

#### 4.7 REFERÊNCIAS

1. BALL, N. E.; SCURR, J. Electromyography normalization methods for high-velocity muscle actions: review and recommendations. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 29, p. 600-608, 2013.
2. BEZODIS, N. E. **Biomechanical investigations of sprint start technique and performance**, 2009. 281 f. (PhD Thesis) University of Bath, Bath, United Kingdom, 2009.
3. BURDEN, A. M.; TREW, M.; BALZPOULOS, V. Normalisation of gait EMGs: a re-examination. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.13, p. 519–532, 2003.
4. CAMATA, T. V.; ALTIMARI, L. R.; BORTOLOTTI, H.; DANTAS, J. L.; FONTES, E. B.; SMIRMAUL, B. P. C.; OKANO, A. H.; CHACON-MIKAHIL, M. P. T.; MORAES, A. C. Electromyographic Activity and Rate of Muscle Fatigue of the Quadriceps Femoris during Cycling Exercise in the Severe Domain. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, p. 2537-2543, 2011.
5. COH, B. M, PEHARE S., BACIC, P. E KAMPMILLER, P. Dynamic factors and electromyographic activity in a sprint start. **Biology of Sport**, v. 26, n. 2, p. 137-147, 2009.
6. GUISSARD, N., DUCHATEAU, J. Electromyography of the sprint start. **Journal of Human Movement Studies**, v. 18, p. 97-106, 1990.
7. GUISSARD, N., DUCHATEAU, J., HAINAUT, K. EMG and mechanical changes during sprint starts at different front block obliquities. **Medicine and Science in Sports and exercise**, v. 24, n. 11, p. 1257-1263, 1992.
8. HERMENS, H.J., FRERIKS, B., DISSELHORST-KLUG, C. RAU, G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, vol. 10, n. 5, p. 361-374, 2000.
9. JACOBS, R. SCHENAU, G. J. V. I. Intermuscular coordination in sprint push-off. **Journal of Biomechanics**, vol. 25, n 9, p. 953-965, 1992.
10. KIRÖLÄINEN, H., KOMI, P. V., BELLI, A. Changes in muscle activity patterns and kinetics with increasing running speed. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 13, n.4, p. 400-406, 1999.
11. KROON, G.W., NAEIJE, M. Recovery of the human biceps electromyogram after heavy eccentric, concentric or isometric exercise. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 63, n. 6, p. 444-448, 1991.

12. MERO, A., KOMI, P. V. Electromyographic activity in sprinting at speed ranging from sub maximal to supramaximal. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 19, n. 3, p. 266–274, 1987.
13. MERO, A., KOMI, P. V. Reaction time and electromyographic activity during a sprint start. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 61, n.1-2, p. 73–80, 1990.
14. MUSCOLINO, J. E. **Kinesiology: The skeletal System and muscle function**. 3 ed. Elsevier, 2016. 760 p.
15. PAIN, M. T. G., HIBBIS, A. Sprint starts and de minimum auditory reaction time. **Journal of Sports Sciences**, v. 25, p. 79-86, 2007.
16. ROBERTSON, G., CALDWELL, G., HAMILL, J., KAMEN, G., WHITTLESEY, S. **Research Methods in Biomechanics-2nd Edition**. Human Kinetics, Champaign, United States, 440 p., 2014.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta tese foi desenvolvida com a finalidade de apresentar e produzir conhecimentos sobre a saída em provas de velocidade e mais especificamente analisar a saída para prova de 100 m rasos por meio da cinemática e da EMG, o que originou a elaboração de três artigos, onde suas conclusões são apresentadas abaixo de forma sintética.

Inicialmente, os achados apresentados na revisão da literatura demonstraram que a saída em provas de velocidade é estudada há muito tempo, antes mesmo da utilização do bloco para apoio dos pés. Muitos estudos apresentaram diferentes parâmetros de análise, com destaque para a cinemática, cinética e EMG.

Verificou-se que o sucesso na execução de uma boa saída é dependente de muitos fatores e muitas são as variáveis que contribuem para a geração de potência no momento da saída e passadas iniciais. Observou-se ainda, que as condições de saída, SC, SM e SL, têm sido estudadas experimentalmente, mas quase sempre tendo por base a distância interpedais, sendo que a maioria dos estudos encontrados apontaram para SM como sendo a de melhor eficácia.

Em seguida, após a realização de estudo experimental que analisou parâmetros de cinemática, CM e ET, e tempo de deslocamento, na perspectiva de que pudessem apontar para melhor eficácia de um determinado tipo de saída, constatou-se que a SM foi a que proporcionou melhor desempenho no instante de saída do bloco até completar uma passada.

Adicionalmente, quando analisados os parâmetros de EMG, os achados demonstraram que, independente do tipo de saída do bloco e do tipo de apoio pedal, a atividade dos músculos BF<sub>PL</sub> e RF foi maior que do músculo GM. Além disso, a SC e a SM apresentaram-se como as melhores opções de saída do bloco para prova de 100 m rasos, com ligeira vantagem para SM em razão da maior ativação do RF no apoio pedal dianteiro.

## 6 CONTRIBUIÇÕES ESPERADAS

A presente tese apresenta novas informações sobre o posicionamento do corpo e dos pedais do bloco de saída que apontaram a saída média como a melhor na utilização prática. Assim, espera-se que este estudo possa contribuir com o

conhecimento de treinadores e atletas de provas de velocidade no atletismo, especialmente aqueles que atuam na prova de 100 m rasos, proporcionando intervenções que possam melhorar o desempenho.

Assim, considerando que as saídas SC e SM demonstraram ser as melhores opções de saída do bloco para prova de 100 m rasos, sugere-se que para otimização da tarefa motora, os treinadores devem atentar a contribuição de cada músculo envolvido nos diferentes tipos de saída, uma vez que os extensores de quadril parecem ser mais relevantes para a SC, assim como os extensores de joelho parecem ser mais relevantes para a SM.

## **7 LIMITAÇÕES DO ESTUDO**

Em razão de dificuldades relacionadas à cronograma, logística e financiamento, considera-se a ocorrência de algumas limitações no estudo, as quais dificultaram sua condução como: período de intervenção para fins familiarização dos atletas nas diferentes condições (tipos) de saída; não utilização de equipamento para registro do tempo de reação na saída; não sincronização dos parâmetros de cinemática, EMG e fotocélula nas coletas.

No entanto, apesar das limitações relatadas acima, é possível considerar a validade ecológica do estudo, em razão de ter sido realizado nas mesmas condições utilizadas em treinamento, em pista de material sintético, utilizando blocos de saída com dimensões oficiais e comandos para a saída como previsto nas regras da IAAF. Além disso, os atletas usaram roupas e sapatos de prego (sapatilhas) apropriados para velocistas, assim como o período de intervalo entre uma e outra repetição foi respeitado e os atletas relataram sua percepção subjetiva de boa recuperação antes de cada nova repetição de saída. Por fim, importante destacar que não correram lesões durante os 135 testes realizados.

## 8 LISTA DE REFERÊNCIAS

1. ADRIAN, M. J.; COOPER, J. M. **Biomechanics of human movement**. 2 ed. Madison, Wisconsin, USA: WCB Brown & Benchmark Publisher, 1995. 348p.
2. ASSOCIAÇÃO INTERNACIONAL DAS FEDERAÇÕES DE ATLETISMO - IAAF / Confederação Brasileira de Atletismo - **CBAt: Regras oficiais de competição 2016-2017**. Disponível em: <[www.cbat.org.br](http://www.cbat.org.br)>.
3. BERGAMINI, E.; GUILLON, P.; CAMOMILLA, H.P.; SKALLI, W. E.; CAPOZZO, A. Trunk inclination estimate during the sprint start using an inertial measurement unit: a validation stud. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 29, p. 622-627, 2013.
4. BEZODIS, N. E. **Biomechanical investigations of sprint start technique and performance**. 2009. 281 f. (Doutorado em Filosofia) University of Bath, Bath, United Kingdom, 2009.
5. BEZODIS, N.E.; SALO, A. I. T.; TREWARTHA, G. Choice of sprint start performance measure affects the performance-based ranking within a group of sprinters: which is the most appropriate measure? **Sports Biomechanics**, v. 9, n. 4, p. 258-269, nov. 2010.
6. BURDEN, A. M.; TREW, M.; BALZPOPOULOS, V. Normalisation of gait EMGs: a re-examination. **Journal of Electromyography and Kinesiology**. v.13, p. 519–532, 2003. Disponível em: <[www.elsevier.com/locate/jelekin](http://www.elsevier.com/locate/jelekin)>.
7. CABRAL, S.; KEPPLER, T. M.; MONIZ-PEREIRA, V.; JOÃO, F. VELOSO, A. P. **Hip And Ankle Joint Moment Synergies During A Sprint Block Start**. In: 24th Congresso Of The International Society Of Biomechanics ISB, 2013, Natal, Brazil, 2013. p. 45-46.
8. CAMATA, T. V.; ALTIMARI, L. R.; BORTOLOTTI, H.; DANTAS, J. L.; FONTES, E. B.; SMIRMAUL, B. P. C.; OKANO, A. H.; CHACON-MIKAHIL, M. P. T.; MORAES, A. C. Electromyographic Activity and Rate of Muscle Fatigue of the Quadriceps Femoris During Cycling Exercise in the Severe Domain. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, p. 2537-2543, 2011.
9. CHEN, Y.; WU, K.; TSAI, Y.; YANG, W.; CHANG, J. The Kinematic Differences of three types of crouched positions during a sprint start. **Journal of Mechanics in Medicine and Biology**, v. 16 n. 7 p. 1650099-1-1650099-12, apr. 2016.

10. CIACCI, S.; MERNI, F.; BARTOLOMEI, S.; DI MICHELE, R. Sprint start kinematics during competition in elite and world-class male and female sprinters. **Journal of Sports Sciences**, p. 1-9, aug. 2016.
11. COH, B. M, PEHAREC S., BACIC, P. E KAMPMILLER, P. Dynamic factors and electromyographic activity in a sprint start. **Biology of Sport**; v. 26, n. 2, p. 137-147, 2009.
12. COH, B. M.; TOMAZIN, K. Kinematic analysis of the sprint start. **IAAF New Studies in Athletics**, v. 21, n. 3, p. 23–33, 2006.
13. COH, B. M; PEHAREC S.; BACIC, P. E.; MACKALA K. Biomechanical differences in sprint start between faster and slower high-level sprinters. **Journal of Human kinetics**, v. 56, p. 29-38, 2017.
14. COH, M., DOLENEC, A., COLJA, I. **Dynamic Analysis of the starting action and starting acceleration**. 14th International Symposium on Biomechanics in Sport., 1996. Faculty of Sport, University Ljubljana, Slovenia, 1996. p. 397-400.
15. COH, M.; JOST, B.; SKOF, B.; TOMASIN, K.; DOLENEC, A. Kinematic and kinetic parameters of the sprint start and start acceleration model of top sprinters. **Acta Universitatis Palackianae Olomucensis**. Gymnica, v. 28, p. 33-42, 1998.
16. DE LEVA, P. Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanov's segment inertia parameters. **Journal of Biomechanics**. v. 29, n. 9, p. 1223-1230, 1996.
17. DEBAERE, S., DELECLUSE, C., AERENHOUTS, D., HAGMAN, F. JONKERS, I. From block clearance to sprint running: Characteristics underlying an effective transition. **Journal of Sports Sciences**. v. 31, n. 2, p. 137–149, set. 2013.
18. EIKENBERRY, A.; MCAULIFFE, J.; WELSH, T. N.; ZERPA, C.; MCPHERSON, M.; NEWHOUSE, I. Starting with the “right” foot minimizes sprint start time. **Acta Psychologica**, v. 127, n. 2, p. 495–500, out. 2008.
19. ERIKSEN H. K., KRISTIANSEN J.R., LANGANGEN O. E WEHUS I.K. How fast could Usain Bolt have run? A dynamical study. **American Journal de Physiology**. v. 77, n. 3, p. 224-228, mar. 2009.
20. GINCIENE, G; MATTHIESEN, S. Q. O sistema de partida em corridas de velocidade no atletismo. **Motriz, Rio Claro**, v. 18 n. 1, p. 113-119, jan/mar. 2012.
21. GUEDES, D.P.; GUEDES, J.E.R.P. **Manual prático para avaliação em educação física**. São Paulo, Ed. Manole, 2006.

22. GUISSARD, N., DUCHATEAU, J., HAINAUT, K. EMG and mechanical changes during sprint starts at different front block obliquities. **Medicine and Science in Sports and exercise**, v. 24, n. 11, p. 1257-1263, nov., 1992.
23. HARLAND, M., STEELE, J. Biomechanics of the sprint start. **Sports Medicine**. V. 23, p. 11-20, 1997.
24. HARLAND, M.; STEELE, J. Biomechanics of the sprint start. **Sports Medicine**. V. 23, p. 11-20, 1997.
25. HARRISON, D.; COMYNS, T. **Biomechanics of the Sprint Start**. The University of Limerick, Ireland. Disponível em: < [www.coachesinfo.com/information and education for coaches](http://www.coachesinfo.com/information-and-education-for-coaches)> Acesso em: 14 jul. 2014.
26. HERMENS, H.J.; FRERIKS, B.; DISSELHORST-KLUG, C.; RAU, G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, vol. 10, n. 5, p. 361-374, 2000.
27. ILBEIGI, S.; GHELEWE, B. VAN. Three-dimensional displacement of the center of gravity during the sprint start. **Faculty of Physical Education and Sport Sciences**, University of Birjand, Birjand, Iran Scholars Research Library, v. 4, n. 1, p. 32–38, 2015.
28. ILBEIGI, S.; GHELEWE, B. VAN. **Three-dimensional displacement of the center of gravity during the sprint start**. Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Birjand, Birjand , Iran Scholars Research Library. V. 4, n.1, p. 32–38, 2015.
29. LÓPEZ, J.L.; ÁLAMO, J.M.; PADULLÉS, J.M. **Comparative analysis of the reaction time for high level sprinters and hurdlers in the youth, junior and absolute categories**. In: INEFC-SSRG UB., 2013. Barcelona, Spain. 26-29 jun: 2013. p. 153.
30. LYNCH, Martin. **Sprint starting**. 2003. Disponível em: <[www.lollylegs.com/training/Starting.aspx](http://www.lollylegs.com/training/Starting.aspx)>. Acesso em: 28 nov. 2014.
31. MAĆKAŁA, K.; FOSTIAK, M.; KOWALSKI, K. Selected Determinants of Acceleration in the 100m Sprint. **Journal of Human Kinetics**. v. 45, n. 1, p. 135–148, abr. 2015.
32. MAJUMDAR, A. S. ROBERGS, R. A. The Science of Speed: Determinants of Performance in the 100m Sprint. **International Journal of Sports Science & Coaching**, v. 6 n. 3, p. 479-493, set. 2011.

33. MARCHETTI, P. H.; DUARTE, M. **Instrumentação em eletromiografia**. Laboratório de Biofísica, Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo. 2006. Disponível em: <<http://lob.iv.fapesp.br>>.
34. MASSÓ, N.; REY, F.; ROMERO, D.; GUAL, G., COSTA, L.; GERMÁN, A. Surface Electromyography applications in the sport. **Medicina De L'esport**. v. 45, n. 165, p. 121-131, jan., 2010.
35. MATTHIESEN, Sara Quenzer. **Atletismo: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2007. P. 50-51.
36. MAULDER, P.S.; BRADSHAW, E. J.; KEOGH, J. Kinematic alterations due to different loading schemes in early acceleration sprint performance from starting blocks. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 22, n. 6, p. 1992-2002, nov., 2008.
37. MERO, A. Force-time characteristics and running velocity of male sprinters during the acceleration phase of sprinting. **Research Quarterly For Exercise and Sport**. v. 59, n. 2, p. 94-98, fev., 1988.
38. MERO, A., KOMI, P. V. Reaction time and electromyographic activity during a sprint start. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 61, n. 1-2, p. 73–80, 1990.
39. MILANESE, C.; BERTUCCO, M.; ZANCANARO C. The effects of three different rear knee angles on kinematics in the sprint start. **Biology of Sport**. v. 31, n.3, p. 209–215, aug. 2014.
40. MIYAMOTO, R. J.; MEIRA JR, C. M. Tempo de reação e tempo das provas de 50 e 100 metros rasos do atletismo em federados e não federados. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 4, n. 3, p. 42–48, 2004.
41. MUSCOLINO, J. E. **Kinesiology: The skeletal System and muscle function**. 3 ed. Elsevier, 2016. 760 p.
42. OTSUKA, M.; KURIHARA, T.; ISAKA, T. Effect of a Wide Stance on Block Start Performance in Sprint Running. **PLOS ONE**, v. 10, n.11, 2015.
43. OZSU, I. Biomechanical structure of sprint start and effect of biological feedback methods on sprint start performance. **Turkish Journal of Sport and Exercise**, v. 16, n. 1, p. 71–77, jun., 2014.

44. PROSPERO, V. **Sprint time differences between: 4 pt. block start, 4 pt. non-block Start, and standing start.** 2013 54 f. Dissertação de Mestrado em Educação, Artes, Ciências do Esporte e Performance Humana, Knoxville: University of Tennessee, 2013.
45. REIS, D.C., ESTEVE, A.C., LEITE, R.M., NASCIMENTO, A.S. PEREIRA MORO, A. R. Reprodutibilidade da posição de saída de bloco em atletas juvenis de atletismo de SC – Brasil. **Efdeportes.com/ Revista Digital.** v. 11, n. 106, mar. 2007.
46. SALO, A.; BEZODIS, I. Which starting style is faster in sprint running standing or crouch start? **Sports Biomechanics;** v. 3, n. 1, p. 43-54, jan., 2007.
47. SARKAR, A.K.; DAS, S. S.; BHOWMICK, S. Effect of block spacing on acceleration speed. **International Journal of Behavioral Social and Movement Sciences,** v.1, n. 4, p. 23-28, out., 2012.
48. SCHOT, P. K.; KNUTZEN, K. M. A biomechanical analysis of four sprint start positions. **Research Quarterly for Exercise and Sport,** v. 63, n. 2, p. 137–47, 1992.
49. SCHOT, P.K.; KNUTZEN, K. M. A biomechanical analysis of four sprint start positions. **Research Quarterly for Exercise and Sport,** v. 63, n. 2, p. 137–47, dez. 1992.
50. SHINOHARA, Y.; MAEDA, M. The role of the starting block in sprinting and its influence on a crouch start. **Japan journal. Physical. Education. Health. Sport Sciences.** v. 60, n. 2, p. 667-684, 2015.
51. SI, W. YAN, Z.Z.; LI, Y., LIU, S.P. The crouch start modeling and simulation based on anybody technology. **International Journal of Digital Content Technology And Its Applications,** v. 4, n. 8, p. 8-14, nov. 2010.
52. SI, Wen., YAN, Zhuang-Zhi., LI, Yi., LIU, Shu-Peng. The crouch start modeling and simulation based on anybody technology. **International Journal Of Digital Content Technology And Its Applications,** v. 4, n. 8, p. 8-14, nov. 2010.
53. SLAWINSKI, J., BONNEFOY, A., LEVEQUE, J.M., ONTANON, G., RIQUET, A., MILLER, C., RIQUET, A., DUMAS, R CHEZE, L. Kinematic and kinetic comparison of elite and well-trained sprinter during sprint start. **Journal of Strength and Conditioning Research,** *in press,* v. 24, n. 4, p. 896–905, nov. 2010.

54. SLAWINSKI, J., BONNEFOY, A., ONTANON, G., LEVEQUE, J.M., MILLER, C., RIQUET, A., CHEZE, L. DUMAS, R. Segment-interaction in Sprint start: Analysis of 3D angular velocity and kinetic energy in elite sprinters. **Journal of Biomechanics**, v. 43, n. 8, p. 1494-1502, mar. 2010.
55. SLAWINSKI, J., DUMAS, R., CHEZE, L., ONTANON, G., MILLER, C., MAZURE-BONNEFOY, A. Effect of postural changes on 3D joint angular velocity during starting block phase. **Journal of Sports Sciences**, v. 31 n. 3, p. 256-163, out. 2013.
56. SLAWINSKI, J., DUMAS, R., CHEZE, L., ONTANON, G., MILLER, C., MAZURE-BONNEFOY, A. 3 D of bunched, medium and elongated sprint start. **Sports Medicine**, v. 33; p. 555-560, 2012.
57. YU, Li-Chun, WU, Yen-Lei , YEH, Ming-Chun , TSAI, Chien-Lu. **Dynamical effects of sprint start on different starting blocks**. In: 30th Annual Conference of Biomechanics in Sports -2012, Melbourne, v. 82, p. 45-48, 2012.

## ANEXOS

### ANEXO A

#### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

##### Titulo da pesquisa:

**“Análise de diferentes técnicas de saída na prova de 100 metros rasos”**

Prezado(a) Senhor(a):

Vimos convidá-lo (a) a participar da pesquisa **“Análise de diferentes técnicas de saída na prova de 100 metros rasos”**, à ser realizada na **“Universidade Estadual de Londrina – Londrina, Paraná”**.

O objetivo da pesquisa é “Investigar em atletas velocistas, a eficácia de diferentes técnicas de saída (saída curta, saída média e saída longa), observando-se o desempenho durante a o momento da saída e o deslocamento de 20 metros em máxima velocidade”.

A sua participação é muito importante e ela se daria da seguinte forma: realização de diversas saídas do bloco de partida oficial do atletismo em pista sintética, com deslocamento em máxima velocidade até completar 20 metros rasos; filmagem dos deslocamentos para análise cinemática dos movimentos e a utilização de eletrodos de superfície para análise eletromiográfica da atividade muscular.

Gostaríamos de esclarecer que sua participação é totalmente voluntária, podendo você: recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. Informamos ainda que as informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade.

**Após a finalização da pesquisa os dados coletados serão mantidos em arquivo único sob a posse e responsabilidade deste pesquisador, até o momento em que, entendendo não ter mais finalidade, serão totalmente deletados.**

Os benefícios esperados são: proporcionar a toda a comunidade científico-desportiva, aos técnicos de atletismo e aos atletas de provas de velocidade no atletismo, informações sobre o tempo de reação, tempo nos blocos, tempo nos 10 e 20 metros após a saída e níveis de atividade neuromuscular por EMG durante a utilização de diferentes técnicas de saída para prova de 100 metros rasos, de forma a dar subsídios para a escolha de uma delas que melhor se adapte às características de cada atleta.

Informo que os riscos da sua participação são possíveis lesões musculares e ou articulares, que podem acontecer quando atletas se submetem a esforços máximos durante saída e deslocamento em alta velocidade.

Informamos que o(a) senhor(a) não pagará nem será remunerado por sua participação. Garantimos, no entanto, que todas as despesas decorrentes da pesquisa serão ressarcidas, quando devidas e decorrentes especificamente de sua participação na pesquisa.

Caso o(a) senhor(a) tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos pode nos contatar **(Pedro Lanaro Filho - Rua Osaka, 53 – Jardim Cláudia – Londrina – Pr – telefone: 43-9984.8040 ou 43-3371.4615 – e-mail: lanarof5@yahoo.com.br)**, ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, na Avenida Robert Koch, nº 60, no telefone 33712490 ou por e-mail: cep268@uel.br. Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas, devidamente preenchida, assinada e entregue ao(a) senhor(a).

Londrina, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2016.

**Pesquisador Responsável**

RG: 2.265.022-0 SSP-PR.

\_\_\_\_\_ (nome por extenso do sujeito de pesquisa), tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar **voluntariamente** da pesquisa descrita acima.

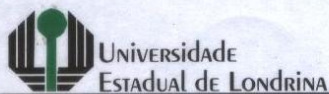
Assinatura (ou impressão dactiloscópica): \_\_\_\_\_

Assinatura do responsável (quando menor): \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_

Observação: Caso o participante da pesquisa seja menor de idade, deve ser incluído o campo para assinatura do menor e do responsável.

## ANEXO B



**COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS**  
 Universidade Estadual de Londrina  
 Registro CONEP 5231

<b>Parecer CEP/UEL:</b>	044/2014
<b>CAAE:</b>	30235814.3.0000.5231
<b>Data da Relatório:</b>	22/04/2014
<b>Pesquisador(a):</b>	Pedro Lanaro Filho
<b>Unidade/Órgão:</b>	CEFE - Departamento de Ciências do Esporte

Prezado(a) Senhor(a):

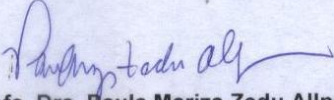
O "Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina" (Registro CONEP 5231) – de acordo com as orientações da Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde/MS e Resoluções Complementares, avaliou o projeto:

**"Eficácia de diferentes técnicas de saída na prova de 100 metros rasos."**

Situação do Projeto: **Aprovado**

Informamos que deverá ser comunicada, por escrito, qualquer modificação que ocorra no desenvolvimento da pesquisa, bem como deverá apresentar ao CEP/UEL, via Plataforma Brasil, relatório final da pesquisa.

Londrina, 29 de abril de 2014.

  
**Prof. Dra. Paula Mariza Zedu Allprandini**  
 Vice-coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos  
 Universidade Estadual de Londrina



## ANEXO C

## FORMULÁRIO DE COLETA DE DADOS DO BLOCO

NOME DO AVALIADO	
DATA NASC./ IDADE	
MELHOR TEMPO 100 M	

PERNA UTILIZADA NO APOIO DO BLOCO TRASEIRO	ESQUERDA	DIREITA
--	----------	---------

TIPO DE SAÍDA UTILIZADA PELO ATLETA:(estabelecida pela posição dos ombros à linha de saída)	CURTA	MÉDIA	LONGA
<b>PÓS TESTE:</b> PERCEPÇÃO DO MELHOR TIPO DE SAÍDA EXECUTADA:	CURTA	MÉDIA	LONGA

DISTÂNCIA DA PARTE FRONTAL DO CONJUNTO DE BLOCOS À LINHA DE SAÍDA (saída utilizada):	centímetros	
DISTÂNCIA DO BLOCO DIANTEIRO À LINHA DE SAÍDA (saída utilizada):	centímetros	encaixe
DISTÂNCIA DO BLOCO DIANTEIRO AO BLOCO TRASEIRO (saída utilizada):	centímetros	encaixe

<b>MEDIDAS ESTABELECIDAS PARA A SAÍDA TIPO CURTA</b>		
DISTÂNCIA DA PARTE FRONTAL DO CONJUNTO DE BLOCOS À LINHA DE SAÍDA	centímetros	
DISTÂNCIA DO BLOCO DIANTEIRO À LINHA DE SAÍDA	centímetros	encaixe
DISTÂNCIA DO BLOCO DIANTEIRO AO BLOCO TRASEIRO	centímetros	encaixe

<b>MEDIDAS ESTABELECIDAS PARA A SAÍDA TIPO MÉDIA</b>		
DISTÂNCIA DA PARTE FRONTAL DO CONJUNTO DE BLOCOS À LINHA DE SAÍDA	centímetros	
DISTÂNCIA DO BLOCO DIANTEIRO À LINHA DE SAÍDA	centímetros	encaixe
DISTÂNCIA DO BLOCO DIANTEIRO AO BLOCO TRASEIRO	centímetros	encaixe

<b>MEDIDAS ESTABELECIDAS PARA A SAÍDA TIPO LONGA</b>		
DISTÂNCIA DA PARTE FRONTAL DO CONJUNTO DE BLOCOS À LINHA DE SAÍDA	centímetros	
DISTÂNCIA DO BLOCO DIANTEIRO À LINHA DE SAÍDA	centímetros	encaixe
DISTÂNCIA DO BLOCO DIANTEIRO AO BLOCO TRASEIRO	centímetros	encaixe

<b>REGISTRO DE TEMPO NA FOTOCÉLULA</b>			
	Teste 1	Teste 2	Teste 3
TEMPO <b>10M</b> NA SAÍDA <b>CURTA</b> :			
TEMPO <b>20M</b> NA SAÍDA <b>CURTA</b> :			
TEMPO <b>10M</b> NA SAÍDA <b>MÉDIA</b> :			
TEMPO <b>20M</b> NA SAÍDA <b>MÉDIA</b> :			
TEMPO <b>10M</b> NA SAÍDA <b>LONGA</b> :			
TEMPO <b>20M</b> NA SAÍDA <b>LONGA</b> :			