



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA



PAULO HENRIQUE PONTES RODRIGUES

ANÁLISE DE DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO PLANTAR NA FASE DE BLOCO
EM ATLETAS DE 400M COM BARREIRAS

Campinas
2021

PAULO HENRIQUE PONTES RODRIGUES

ANÁLISE DE DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO PLANTAR NA FASE DE BLOCO
EM ATLETAS DE 400M COM BARREIRAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Graduação da Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Bacharel em Educação Física, em Biodinâmica do Movimento e Esporte.

Orientador: Ricardo Machado Leite de Barros

Campinas

2021

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

R618a Rodrigues, Paulo Henrique Pontes, 1991-
Análise de distribuição de pressão plantar na fase de bloco em atletas de 400 m com barreiras / Paulo Henrique Pontes Rodrigues. – Campinas, SP : [s.n.], 2021.

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

1. Atletismo. 2. Corridas com barreiras. 3. Pressão plantar. 4. Biomecânica. I. Barros, Ricardo Leite de. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Educação Física. III. Título.

Informações adicionais, complementares

Título em outro idioma: Analysis of plantar pressure distribution in the block phase in 400m hurdles athletes

Palavras-chave em inglês:

Athletics

Hurdles

Plantar Pressure

Biomechanics

Área de concentração: Biomecânica

Titulação: Bacharelado/Licenciatura em Educação Física

Banca examinadora:

Karine Jacon Sarro

Data de entrega do trabalho definitivo: 26-01-2021

Banca examinadora

Prof. Dr. Ricardo Machado Leite de Barros

Laboratório de Instrumentação para Biomecânica – FEF- UNICAMP

Prof^a. Dr^a. Karine Jacon Sarro

Laboratório de Instrumentação para Biomecânica – FEF- UNICAMP

Agradecimentos

Agradeço minha mãe e minhas irmãs por terem me ajudado no momento que precisei receber uma atenção especial e ter me apoiado a fazer o tratamento psicológico.

A educação que meus pais me ensinaram, sendo importante para minhas escolhas e decisões cotidianas, bem como respeitar outros profissionais e procurar criticar e elogiar nos momentos certos.

Aos meus amigos e amigas da faculdade que sempre conviveram comigo no dia-a-dia, onde divertimos, brincamos e sempre questionamos os problemas propostos, para que as ideias fossem surgindo e conseguir resolve-los naquele momento.

A equipe Speedy Runner que considero a segunda família, onde criamos o lema “Renove-se correndo” para motivar os corredores dessa equipe a planejar seus treinos e mantê-los ativos, para contribuir com a saúde mental, o bem-estar, o humor e a autoestima.

Ao Professor Ricardo por ter paciência, desde o início, para me ensinar, corrigir e incentivar a participar dos congressos de Biomecânica, para enxergar o ser humano de outra forma. Por me mostrar como a Biomecânica pode ser prazerosa e muito conhecimento a ser descoberto na área.

A Professora Karine por aceitar ser da banca examinadora.

Aos professores da Faculdade de Educação Física que me ensinaram e sempre estavam à disposição para tirar minhas dúvidas, sendo essencial para minha formação.

Aos amigos e amigas do Lib (Elias, Lyon, Priscila, Wagner, Andrea, Ingrid, Janaina) pela amizade que construímos e ajudar a tirar dúvidas na área que escolhi.

Ao meu amigo Beeroth, uma pessoa que admiro muito e não consigo expressar suas qualidades por palavras, mas ele sabe que mora no meu coração.

Ao corpo técnico da Biblioteca da Fef (Dulce, Andréia, Geraldo e Maria de Fátima) pelo atendimento e atenção com os alunos da Fef ou de outras faculdades da Unicamp.

Aos meus amigos, em especial, Geraldo, Rodrigo, José Renato Castro, Francisco, José Renato Alexandre, com os quais passei momentos inesquecíveis durante as corridas que participamos na região de Ribeirão Preto.

Aos Professores, amigas e amigos do Colégio Integrado (anglo) de Santa Rosa de Viterbo-Sp que nunca deixaram de acreditar em meu potencial e sempre me motivaram a não desistir do meu sonho que é cursar Educação Física.

A todas as outras pessoas que passaram pela minha vida durante a faculdade.

Dedicatória

“Dedico este trabalho de pesquisa a Deus e aos meus pais e minhas irmãs que me ajudaram durante os momentos difíceis. Agradeço do fundo do meu coração.”

RODRIGUES, Paulo Henrique Pontes. Análise de distribuição de pressão plantar na fase de bloco em atletas de 400m com barreiras. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação)- Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2021.

Resumo

As corridas com barreiras são provas de velocidade do atletismo que consiste em correr mais rápido e transpor dez barreiras de forma eficaz dispostas em suas raias com espaçamento adequado. Este estudo teve como objetivo desenvolver uma metodologia específicas para análise da distribuição de pressão plantar em atletas de 400 metros com barreiras na fase de bloco. Participaram cinco atletas (2 masculinos e 3 femininos) da seleção brasileira de atletismo que estavam em seu período de pós-competição do Troféu Brasil Caixa de Atletismo. Realizaram duas tentativas de uma prova simulada correspondendo à fase de partida até a oitava barreira, correndo em velocidade máxima, com 20 minutos de descanso entre as tentativas. Para a coleta de dados foi utilizado o equipamento Pedar®-X (Novel, Alemanha) para mensurar a distribuição de pressão plantar com um modelo de máscara dividindo o pé dos sujeitos em oito regiões anatomicamente, durante a fase de bloco. De acordo com os resultados da análise biomecânica feito nas duas tentativas dos cinco (05) atletas (masculinos e femininos) podemos verificar que nesta fase da prova os atletas não valorizaram tanto e deixaram de aplicar força vertical ao longo do tempo suficiente para empurrar os blocos, não sendo plausível, tanto para a perna traseira como na dianteira, respectivamente. Entretanto, os atletas precisam de um treino especial nesta fase para atingir um ótimo padrão de execução e valorizar esta fase que é importante na prova de 400m com barreiras para ter uma maior impulsão no momento da largada. Podemos concluir que a metodologia possui grande potencial de aplicação, tendo fornecido dados relevantes para a análise do desempenho dos atletas.

Palavras-Chave: Barreiras; Fase de Bloco; Distribuição de Pressão Plantar; 400 metros com barreiras.

RODRIGUES, Paulo Henrique Pontes. Analysis of plantar pressure distribution in the block phase in 400m hurdles athletes. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação)- Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2021.

ABSTRACT

Hurdles races are of the sprints of athletics, which consists of running faster and overcome ten hurdles effectively arranged in their lanes with proper spacing. This study aimed to develop a specific methodology for analyzing the distribution of plantar pressure in 400 meters athletes with hurdles in the block phase. Five athletes (2 male and 3 female) from the Brazilian Athletics Team participated in the post-competition period of the Brasil Caixa de Atletismo tournament. They made two attempts at a simulated race corresponding to the starting phase up to the eighth barrier, running at full speed, with a 20-minute rest between attempts. For data collection, the Pedar®-X equipment (Novel, Germany) was used to measure the distribution of plantar pressure with a mask model dividing the subjects' feet into eight regions anatomically, during the block phase. According to the results of the biomechanical analysis carried out in the two attempts of the five (05) athletes (male and female), we can verify that in this phase of the race, the athletes did not value so much and stopped applying vertical force over long enough to push the blocks. , not being plausible, for both the rear and front legs, respectively. However, athletes need special training at this stage to achieve an optimal standard of execution and to value this phase, which is important in the 400 meters hurdles to have greater momentum at the start. We can conclude that the methodology has great application potential, having provided relevant data for the analysis of the athletes' performance.

Keywords: Hurdles; Block Phase; Plantar Pressure Distribution; 400 meters Hurdles.

Lista de Figuras

Figura 1: Fase de bloco dos atletas na primeira tentativa.	21
Figura 2: Fixação do Sistema Pedar® -X (Novel, Alemanha) e palmilhas instrumentadas.....	22
Figura 3: Demonstração do modelo da máscara criada no sistema Pedar ® X (Novel, Alemanha) esquerda e direita.	23
Figura 4: Estrutura do Arquivo de formato 2d.....	25
Figura 5: Força e Impulso realizado na fase de bloco pelo primeiro voluntário.	27
Figura 6: Força e Impulso realizado na fase de bloco pelo segundo voluntário	27
Figura 7: Força e Impulso realizado na fase de bloco pelo terceiro voluntário.....	28
Figura 8: Força e Impulso realizado na fase de bloco pelo quarto voluntário.....	28
Figura 9: Força e Impulso realizado na fase de bloco pelo quinto voluntário.....	28
Figura 10: Distribuição de pressão plantar na fase de bloco do primeiro voluntário.....	29
Figura 11: Distribuição de pressão plantar na fase de bloco do segundo voluntário.....	30
Figura 12: Distribuição de pressão plantar na fase de bloco do terceiro voluntário.....	30
Figura 13: Distribuição de pressão plantar na fase de bloco do quarto voluntário.....	30
Figura 14: Distribuição de pressão plantar na fase de bloco do quinto voluntário.....	31
Figura 15: Posição do centro de pressão na fase de bloco do primeiro voluntário.....	32
Figura 16: Posição do centro de pressão na fase de bloco do segundo voluntário.....	33

Figura 17: Posição do centro de pressão na fase de bloco do terceiro voluntário.....	33
Figura 18: Posição do centro de pressão na fase de bloco do quarto voluntário.....	34
Figura 19: Posição do centro de pressão na fase de bloco do quinto voluntário.....	34

Sumário

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVO.....	14
3 REVISÃO DA LITERATURA	15
4 METODOLOGIA.....	20
4.1 Participantes	20
4.2 Procedimentos experimentais.....	20
4.3 Sistema para análise de Distribuição de Pressão Plantar	22
4.4 Variáveis Experimentais	24
4.5 Tratamento dos Dados	25
4.6 Análise dos Dados.....	26
5 RESULTADOS	27
6 DISCUSSÃO	35
7 CONCLUSÃO.....	37
8 REFERÊNCIAS.....	38

1 INTRODUÇÃO

As corridas com barreiras são provas de velocidade do atletismo que consiste em correr mais rápido e transpor dez barreiras de forma eficiente dispostas em suas raiais com espaçamento adequado.

Nas competições organizadas pela Confederação Brasileira de Atletismo- CBAT encontramos as provas com barreiras nos 100 metros feminino, 110 metros masculinos e 400 metros feminino e masculino. Nessas provas em específico, podemos encontrar cinco fases distintas: a fase de bloco (partida), fase de aceleração e aproximação à primeira barreira, transposição das barreiras, a corrida entre as barreiras e por último, a corrida da última barreira até a linha de chegada (DE GOUVEIA PACHECO, 2009; PAIVA et al., 2011).

As provas de velocidade com barreiras utilizam o bloco de saída para fazer os atletas aprimorar sua largada. Uma boa técnica na fase de bloco é fundamental e pode ser um dos parâmetros que pode influenciar no desempenho dos atletas. Segundo BEZODIS et al., 2019 possuir uma boa técnica na fase de bloco pode ser importante para os atletas de alto nível ter um bom desempenho na partida. No entanto, para WILLWACHER et al., 2016 o mais importante do desempenho na fase de bloco é a capacidade de gerar maior força no bloco traseiro, mas não direcionar essas forças em uma direção excessivamente horizontal.

Por isso, a fase de bloco é importante na prova dos 400 metros com barreiras tendo a função de contribuir para que o sujeito possa ter maior impulsão no momento da largada e colabora com a fase de aproximação à primeira barreira. Além disso, ter a perna dianteira e traseira definida no bloco de saída ajuda o atleta determinar a perna de ataque na hora da transposição da primeira barreira devido ao número de passadas (LINDEMAN, 1995; BOYD, 2000).

Entretanto, os estudos encontrados na prova dos 400 metros com barreiras estão relacionados a técnica da transposição das barreiras, padrões de passada em suas fases (corrida de aproximação à primeira barreira, corrida entre barreira e corrida até a meta) e mudanças de velocidade.

No entanto, é importante analisar a mensuração da distribuição da pressão plantar, tanto no pé dianteiro como traseiro, na prova de 400 metros com

barreiras na fase de bloco, para entender como os atletas estão realizando sua técnica nesta fase e ajudá-los a melhorar seus desempenhos.

2 OBJETIVO

Esta pesquisa teve como objetivo desenvolver uma metodologia específicas para análise da distribuição de pressão plantar em atletas de 400 metros com barreiras na fase de bloco.

3 REVISÃO DA LITERATURA

FORTIER et al., 2005, em seu primeiro experimento verificou os parâmetros cinéticos e cinemáticos no início do Sprint para analisar o que poderiam diferenciar os velocistas de elite do sub-elite, participando doze atletas masculinos que encontravam-se em fase de competição.

Para classificar esses atletas em elite ou sub-elite, utilizou os melhores tempos nos 100 metros (elite <10,70 seg; sub-elite > 10,70 seg e <11,40 seg), sendo seis atletas atribuídos ao grupo de elite e seis para o grupo sub-elite.

Os atletas (velocistas) tiveram que realizar três tentativas em velocidade máxima seguida de uma corrida 10m, usando bloco instrumentado para registrar as forças aplicadas aos apoios (placas) do bloco de saída.

Para a análise cinemática utilizou-se seis câmeras de vídeo a 30 frames por segundo, onde três câmeras foram colocadas para capturar o início da partida e os marcadores foram colocados em ambos os pés (articulação falangeana do quinto metatarso), tornozelos (maléolo externo), joelhos (articulação femor-tibial lateral), quadril (trocânter maior e espinha íliaca anterior-superior, ombros (articulação acrômio-clavicular), cotovelos (epicôndilo lateral), punhos (processo estilóide da ulna) e na cabeça (processo zigomático e glabella).

Para verificar as diferenças entre os grupos de elite do sub-elite do experimento 1, algumas comparações foram feitas através do teste t para as amostras independentes, e fez uma análise discriminante linear (LDA) verificando quatro parâmetros que distinguem os atletas velocistas de elite dos sub-elite, tais como: o atraso entre o final do deslocamento da força traseira e frontal (deslocamento DRF), o pico da força traseira (pé traseiro no bloco), o tempo total de bloqueio (TBT) e o tempo de pico da força traseira.

No segundo experimento forneceu um feedback (FB) sobre os parâmetros selecionados para verificar se poderia melhorar o desempenho dos velocistas intermediários, participando 4 homens e 4 mulheres, ativos com um treinamento de 6 semanas, fazendo os mesmos procedimentos que os atletas

do experimento 1, onde realizaram três saídas de sprint em intensidade máxima seguida de uma corrida de 10 metros.

Sobre os parâmetros selecionados, um feedback específico foi realizado para os atletas do experimento 2 para melhorar o desempenho deles no bloco de saída, dividido em três etapas, onde as primeiras seis sessões foram de controle sem cinética (N-FB) e efetuados durante o período específico da fase preparatória, podendo receber informações do treinador.

A segunda etapa teve mais seis sessões e correspondia a fase de competição, com controle cinético, uma vez que os atletas tinham que realizar três partidas no bloco de saída, sendo uma partida por semana e eram chamados para verificar o tempo e as curvas da força aplicada no bloco de saída no computador, já a última sessão foi de retenção sem cinética.

Concluíram que fornecer um feedback específico para os atletas intermediários não ajudou eles melhorar seus desempenhos no bloco de partida, talvez seis semanas não foram suficientes para aperfeiçoar a execução do movimento.

COLE, 2011; COLE et al., 2012, investigaram como o deslocamento vertical do centro de massa e a pressão do pé em contato com o solo levam a uma mudança na velocidade horizontal durante a transposição da barreira. Participaram quatro corredores universitários do sexo masculino que estavam no meio de sua temporada, partindo do bloco de saída correndo até a terceira barreira.

Antes do teste, eles fizeram alongamentos e uma corrida de 400 metros. As partidas foram gravadas a 60 Hz com 18 marcadores identificados e colocados em ambos os calcanhares, tornozelos, joelhos, quadril, ombros, cotovelos, punhos e um marcador fixado na testa, com um tubo de calibração colocado na primeira barreira para ter um campo de visão adequado.

Utilizou-se o hardware Tekscan com palmilhas instrumentadas com 10 sensores por cm² para coletar a pressão do pé durante a fase de pouso e filmados com três câmeras Panasonic 3CCD a uma velocidade de filmagem de 60 frames por segundo.

Esses marcadores foram digitalizados usando a transformação linear direta 3 D (DLT) e filtrado digitalmente a 10 Hz usando Ariel APAS (software de 2011). O resultado demonstrou que a posição do centro de massa (CM) na transposição da barreira diminuiu 9cm durante o contato do pé na aterrissagem após a eliminação da barreira e a velocidade horizontal CM diminuiu 0,8 (m/s) no pé de pouso quando comparado com a velocidade do CM na decolagem.

WILLWACHER et al., 2016, analisaram a relação entre as forças aplicadas aos blocos de partida e os desempenhos na partida (SPs) de velocistas amputados (ASs) e velocistas não amputados (NASs). Participaram desse estudo 154 (103 homens e 51 mulheres) velocistas não amputados de uma ampla gama de níveis de desempenho no sprint de 100m e sete velocistas masculinos amputados. Para os atletas amputados unilateral (6 atletas) a altura corporal foi determinada em pé sobre a perna não amputada. Já para o bilateral (1 atleta) foi medida com o uso da prótese e encostado na parede para manter a postura ortostática. Cada atleta realizou três largadas em velocidade máxima seguida de uma corrida de 20 metros.

Foi utilizado um bloco de partida instrumentado para obter os dados da força em cada pé com plataformas de força colocadas adequadamente, com quatro transdutores 3D do tipo piezo (Kistler AG, Winterthur, Suíça). Os sinais de força analógicas foram convertidos para digitais a uma taxa de amostragem de 10.000 Hz, filtrados em quarta ordem Butterworth digital a uma frequência de 120 HZ.

Portanto, o resultado enfatiza a importância da aplicação da força nos blocos dianteiros e traseiros e a maneira de aplicar a força excessivamente mais horizontal.

BEZODIS et al., 2019, identificaram as características da força de reação ao solo (GRF) para obter maior nível de desempenho na fase de bloco. Neste estudo, participaram 23 atletas masculinos, onde tiveram que realizar dois sprint em esforço máximo seguidos de uma corrida de 60 metros com intervalo de 10 minutos entre os testes.

As forças de reação ao solo (GRF) foram registradas separadamente em cada bloco e coletadas a 1000 Hz, com as plataformas colocadas abaixo

de cada bloco. Além disso, utilizou-se quatro sincronizadores de plataforma de força cujo modelo (TF-3055, TF-32120, Tec Gihan, Uji, Japão) e depois esses dados foram transferidos para o matlab (R2015a, Natick, EUA).

Por fim, concluíram que as magnitudes resultantes da GRFs produzidas em ambos os blocos foram importantes para o desempenho na fase de bloco, mas a sua direção de aplicação não teve tanta relevância.

FALBRIARD et al., 2020, determinaram se sensores magnéticos e inerciais usados em calçados poderiam detectar a transposição da barreira e identificar a perna de ataque nesta fase na prova de 400 metros com barreiras para fornecer uma análise espaço-temporal das barreiras definido pela suas posições. Neste estudo participaram 16 atletas (10 homens e 6 mulheres) onde tinham que correr em velocidade máxima.

Os atletas aqueceram depois de serem equipados para não atrapalhar sua rotina de treino e os sensores foram retirados ao final da prova. Além disso, as dez barreiras foram equipadas com barras magnéticas colocadas em ambos os lados.

As IMUs (unidade inercial de medida) colocadas nos pés (esquerdo e direito) dos atletas foram sincronizadas por meio de radiofrequências, com configuração incluiu um acelerômetro a 500 Hz (± 16 g faixa operacional), um giroscópio a 500 Hz (± 2000 ° / s faixa operacional) e um magnetômetro a 71 Hz (± 1000 μ T faixa operacional). Os ímãs foram construídos, cujo seu modelo (S-20-10-N, Supermagnete, Uster, Suíça) e colocados verticalmente num espaçados por 5 mm dentro de um bastão de 12 cm de comprimento.

Cada corrida foi gravada a 25 frames por segundo para verificar a perna de ataque durante a transposição da barreira e o número de passos por intervalo rotulado manualmente.

As tarefas subsequentes de processamento de dados foi a implementação dos algoritmos para detecção HC (detecção de eliminação das barreiras) e LL (detecção da perna de ataque na barreira) e exportados para análise no software MATLAB (R2018b, MathWorks, Natick, MA USA).

Avaliaram três métodos diferentes baseados em MIMU na detecção das barreiras e na identificação da perna dianteira na prova de 400 metros com

barreiras. Pois, na configuração unipodal (ou seja, pé considerado de forma independente), os melhores resultados de detecção de HC foram obtidos usando o método TEMP capaz de registrar 300 HC disponíveis no conjunto de dados. Já o método ORIENT entregou uma precisão de detecção de HC inferior a (95,3%), pois este método depende da técnica utilizada pelos atletas. No entanto, ORIENT foi o único método capaz de identificar a perna dianteira na configuração unipodal e mostrou uma alta precisão de 99,7% com apenas um erro de classificação entre todos os 286 HC detectados corretamente.

O método MAG não forneceu uma detecção confiável na configuração unipodal, com apenas 46,3% de precisão. Na configuração bípede, o tempo de voo e o tempo de apoio no método TEMP houve uma detecção 100% de precisão de HC e o método ORIENT com 96% de precisão.

No entanto, concluíram que os sensores inerciais e magnéticos usados nos pés, combinados com barras magnéticas, podem ser utilizados para transpor as barreiras na prova de 400 metros com barreiras, mostrando que nas configurações unipodal e bipodal forneceu detecção confiável e o uso de ímãs / magnetômetros adicionais não melhoraram os resultados de detecção do sistema.

Portanto, o desenvolvimento de metodologias específicas, tornou-se uma ferramenta importante para a análise de desempenho e das características individuais dos atletas, auxiliando na obtenção dos resultados no esporte de alto rendimento.

4 METODOLOGIA

4.1 Participantes

Cinco atletas (2 masculinos e 3 femininos) da seleção brasileira de atletismo participaram desse estudo com antropometria ($21,6 \pm 2,48$ anos de idade, $59,58 \pm 5,53$ Kg, $1,70 \pm 0,04$ m) eram ativos e com especialidade na prova de 400 metros com barreiras. O consentimento do treinador foi necessário para o recrutamento dos atletas a participar do estudo.

No dia da coleta os sujeitos encontravam-se em seu período de pós-competição do XXXVIII Troféu Brasil Caixa de Atletismo, o principal torneio do atletismo no país, ocorrido na cidade de Bragança Paulista-Sp e não apresentavam histórico cirúrgico dos membros inferiores até a data da coleta.

Ao chegar no Centro esportivo de Alto Rendimento (CEAR) localizado na cidade de Campinas-Sp, os atletas foram informados sobre os procedimentos e dos objetivos da coleta e as dúvidas foram respondidas naquele momento.

Eles assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido aprovado pelo comitê de ética da Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas e caso um sujeito optasse por retirar-se da pesquisa a qualquer momento, ele era capaz de fazer isso, sem quaisquer consequências do pesquisador.

4.2 Procedimentos experimentais

Os sujeitos foram convidados a realizar duas tentativas de uma prova simuladas, correspondendo à fase de partida do bloco até à oitava barreira, correndo em velocidade máxima. Eles utilizaram seus próprios calçados (sapatilhas) e roupas adequadas da corrida de velocidade para fazer o teste.

Antes de realizar o teste, cada atleta fez um aquecimento de 10 minutos, habitual deles, e o alongamento para fazer a prova simulada.

Após a primeira tentativa de cada sujeito houve um período de 20 minutos de descanso para cada indivíduo ter acesso a água e realizar o repouso passivo. Na segunda tentativa, o sistema foi removido dos atletas e estavam liberados para acompanhar e realizar alongamentos básicos e, além disso, os pesquisadores verificaram se os dados foram registrados e salvos para análise.

As barreiras foram posicionadas e suas alturas reguladas respectivamente, conforme o manual - Regras de Competições e Regras Técnicas da Confederação Brasileira de Atletismo (CBAT, 2020), na raia 05 (cinco) da pista com material de Tartan, por julgarem (atletas) ter um melhor aproveitamento de desempenho nesta raia.

Cada atleta ajustou os apoios do bloco de saída da maneira que achou mais aquedado para aplicar força com maior intensidade no menor tempo possível. No entanto, segundo (HALAND et al., 2007) definem três tipos de partida conforme as distâncias dos apoios do bloco de partida: menor que 30cm (partida curta), entre 30 e 50cm (partida média) e maior que 50 cm (partida longa). Pois, vale ressaltar que a melhor partida é aquela onde os atletas ajustam o bloco de saída da maneira que achar mais adequado a sua técnica de saída para ter uma ação rápida sobre o bloco.

A partida foi realizada conforme os atletas se sentisse prontos para iniciar a corrida mostrado na figura 1, o treinador não deu o comando “aos seus lugares” e “prontos” e disparou o tiro conforme o modelo tradicional para iniciar a corrida.



Figura 1: Fase de bloco dos atletas na primeira tentativa.

4.3 Sistema para análise de Distribuição de Pressão Plantar

Para a coleta de dados foi utilizado o equipamento Pedar®-X (Novel, Alemanha) que permite a captura e mensuração da distribuição de pressão plantar nos pés dos atletas durante a fase de bloco. Este sistema é preciso e confiável para monitorar a pressão plantar entre o pé e a sapatilha usada pelos indivíduos, permitindo que os dados sejam coletados e baixados no computador.

O sistema tem uma faixa de pressão 15 a 300 (KPa) e foi conectado a uma palmilha instrumentada em cada um dos pés dos atletas, com 99 sensores distribuídos no interior de cada palmilha há uma frequência de 100 Hz de amostragem.

Os sujeitos colocaram um cinto elástico em torno da cintura para fixar-se o aparelho Pedar® X (Novel, Alemanha) conforme mostrado na figura 2, e cujo nas coxas e pernas foram utilizados um velcro para imobilizar o cabo que foi passado por dentro do short para evitar algum tipo de desconexão e perder informações durante a transposição das barreiras.



Figura 2: Fixação do Sistema Pedar® -X (Novel, Alemanha) e palmilhas instrumentadas.

As palmilhas são finas, flexíveis e foram calibradas individualmente conforme as orientações do fabricante para garantir dados precisos e reproduzíveis, no entanto, introduzidas nas sapatilhas para mensurar a distribuição de pressão plantar do pé dianteiro e traseiro durante a fase de bloco desses sujeitos.

A mensuração dinâmica da pressão plantar é importante, pois revela como está sendo distribuído a força vertical em particularmente, nas áreas específicas pré-determinadas (carga local em cada área) em cada pé dos sujeitos, fornecendo informações que permite observar em quais regiões houve maior pressão, diferente da plataforma de força e dos blocos instrumentados.

Entretanto, um modelo de máscara foi criado no sistema Pedar®-X (Novel, Alemanha) dividindo o pé em oito regiões anatomicamente, conforme proposto no estudo da (VAN DEZ WAARD et al., 2014) mostrado na figura 3, para determinar em quais regiões estava sendo distribuída a pressão com maior predominância, cuja essas informações são necessárias para entender a mecânica do pé dos sujeitos e ajudá-los a melhorar seus desempenhos na fase de bloco.

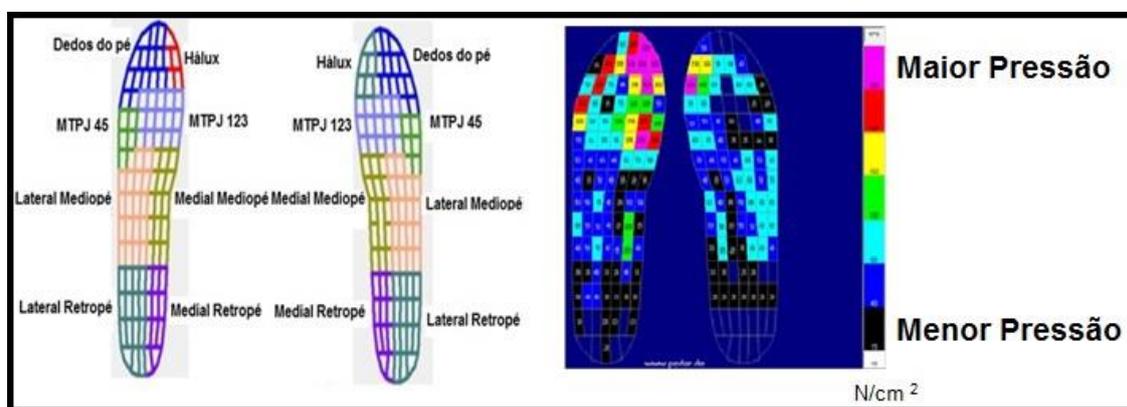


Figura 3: Demonstração do modelo da máscara criada no sistema Pedar® X (Novel, Alemanha) esquerda e direita.

Consequentemente, a pressão plantar vai ser determinada a partir da divisão do valor da força aplicada pela área do sensor de 1 cm^2 , com maior intensidade representada pela cor rosa (300 KPa) e a menor pressão plantar à cor preta (15KPa). O sistema de palmilha instrumentada foi utilizado, por

exemplo, nos estudos (COLE, 2011) e (COLE et al., 2012) para verificar como o deslocamento vertical do centro de massa na barreira e a pressão do pé no contato com o solo levam a uma mudança na velocidade horizontal durante a transposição da barreira. Portanto, com a utilização do sistema Pedar® -X (Novel, Alemanha) permite fornecer um feedback dos valores de pressão instantânea durante a fase de bloco de modo a proporcionar benefícios aos atletas.

4.4 Variáveis Experimentais

Após a coleta, os dados foram exportado para o software Matlab (R2016b, MathWorks, Natick, MA USA) e criado uma rotina que foi aplicada aos dados coletados para ser analisados a fim de facilitar e interpretar as variáveis de todos os atletas durante a fase de bloco. Além disso, esses dados analisados geraram resultados relativos das seguintes variáveis experimentais:

- Força Total em função do Tempo: Força vertical que foi aplicada entre o pé dos atletas e o bloco de saída ao longo do tempo suficiente para empurrar os blocos, tanto no pé dianteiro como traseiro.
- Impulso: produto da força aplicada entre o pé dos sujeitos e o bloco de saída pelo intervalo de tempo.
- Distribuição de Pressão Plantar: A pressão plantar foi analisada como estava sendo distribuída em determinada área dos pés dos atletas pelas palmilhas que são do tamanho dos pés e medem a pressão a cada ponto com 1 cm² de área de cada sensor.
- Deslocamento do Centro de Pressão: O deslocamento do centro de pressão é o local específico que está sendo aplicada a força.

As funções desenvolvidas no matlab têm entrada de dados em formato de 2D, compostos por linhas e colunas (matrizes) conforme mostrado na figura 4.

Voluntário 1

Número de Quadro Pé Esquerdo Pé Direito

Número de Quadro	Pé Esquerdo			Pé Direito			
	Frames	force[N]	x[mm]	y[mm]	force[N]	x[mm]	y[mm]
1							
2							
3	0.01000	17.945	29.71	205.93	12.995	33.70	202.72
4	0.02000	17.945	29.71	205.93	12.995	33.70	202.72
5	0.03000	17.945	29.71	205.93	12.680	34.17	202.36
6	0.04000	17.335	30.16	205.96	13.630	34.69	201.57
7	0.05000	17.945	29.71	205.93	15.180	36.94	200.66
8	0.06000	17.335	30.16	205.96	16.130	37.22	200.08
9	0.07000	17.335	30.16	205.96	16.130	37.22	200.08
10	0.08000	17.945	29.71	205.93	16.448	37.14	200.47
11	0.09000	17.945	29.71	205.93	16.448	37.14	200.47
12	0.10000	17.945	29.71	205.93	17.077	36.32	201.08
13	0.11000	18.560	28.99	205.90	18.665	36.56	200.53
14	0.12000	19.183	29.16	206.07	18.035	36.96	199.85
15	0.13000	19.183	29.16	206.07	18.035	36.96	199.85
16	0.14000	19.490	28.83	206.05	20.585	33.61	198.43
17	0.15000	20.740	28.71	206.15	20.590	34.54	197.14
18	0.16000	20.733	27.93	206.35	21.220	34.25	197.82

Figura 4: Estrutura do Arquivo de formato 2d.

Portanto, as variáveis foram verificadas e comparadas para ver se houvesse alguma diferença significativa nas tentativas realizadas pelos sujeitos, para determinar se a técnica utilizada na fase de bloco desses indivíduos precisar-se-ia de treino especial para melhorar seus desempenhos.

4.5 Tratamento dos Dados

As curvas de força foram filtradas em passa-baixo, com registro da distribuição da pressão plantar há uma frequência de 100 Hz de amostragem, com 99 sensores em cada palmilha de cada pé dos atletas, e com um corte de 100 (Hz) para evitar algum tipo de ruído.

Foi criada uma equação para cada membro inferior dos atletas no Matlab para calcular a força que estava sendo aplicada em cada pé durante a fase de bloco.

Os dados da força (pé dianteiro e traseiro) de todos os atletas foram armazenados individualmente em uma matriz que permitisse visualizar esses dados graficamente.

4.6 Análise dos Dados

Foi feita uma comparação em análise intra e inter-sujeitos para detectar se haveria alguma diferença em suas tentativas realizada pelos atletas na fase de bloco sem testes estatísticos.

5 RESULTADOS

A análise dos dados provém da fase de bloco da prova dos 400 metros com barreiras realizados pelos atletas da seleção brasileira de atletismo, podendo ser observado as diferenças entre as comparações intra e inter-sujeitos, mostrado nas figuras 5 á 9, associados a produção de força durante o tempo em que cada pé estava empurrando contra o respectivo bloco de saída.

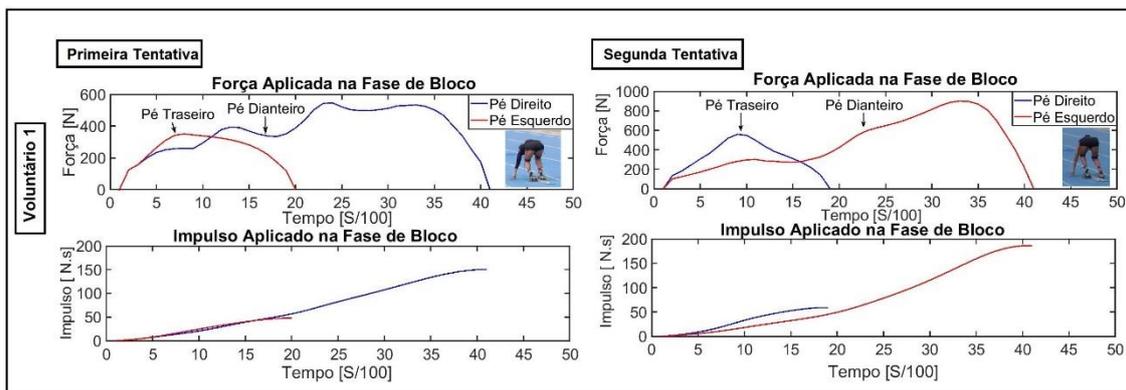


Figura 5: Força e Impulso realizado na fase de bloco pelo primeiro voluntário.

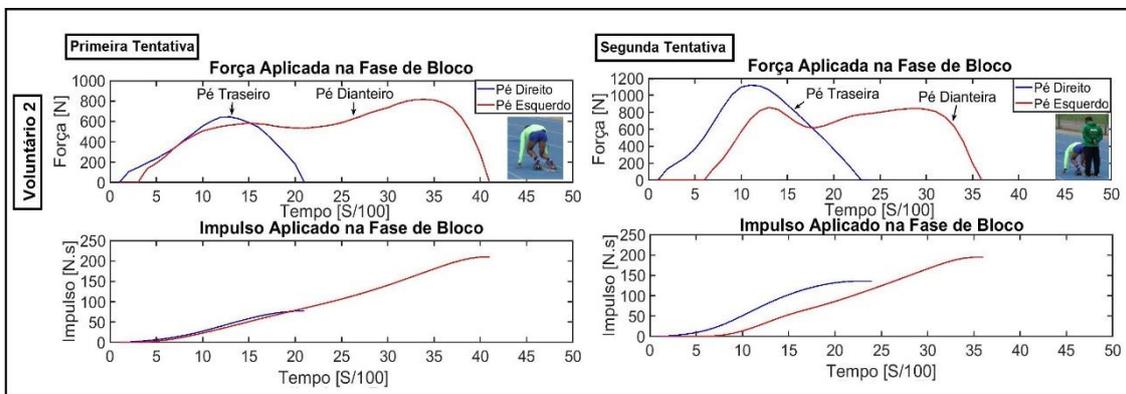


Figura 6: Força e Impulso realizado na fase de bloco pelo segundo voluntário.

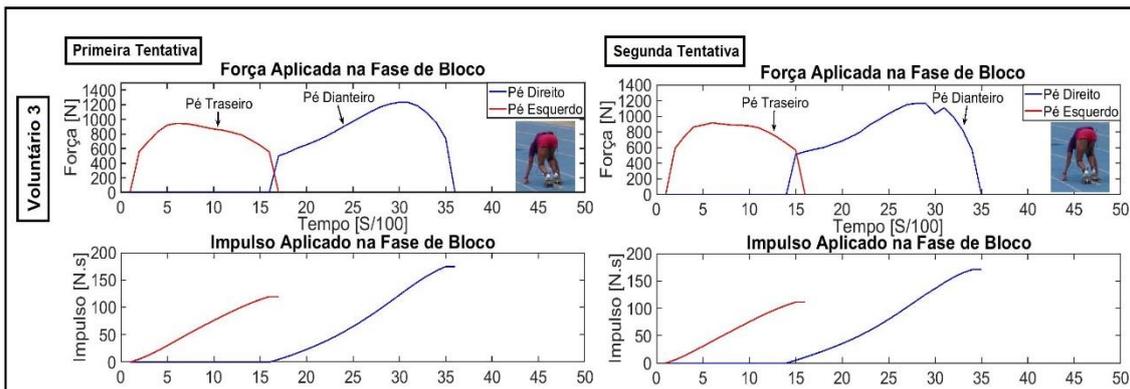


Figura 7: Força e Impulso realizado na fase de bloco pelo terceiro voluntário.

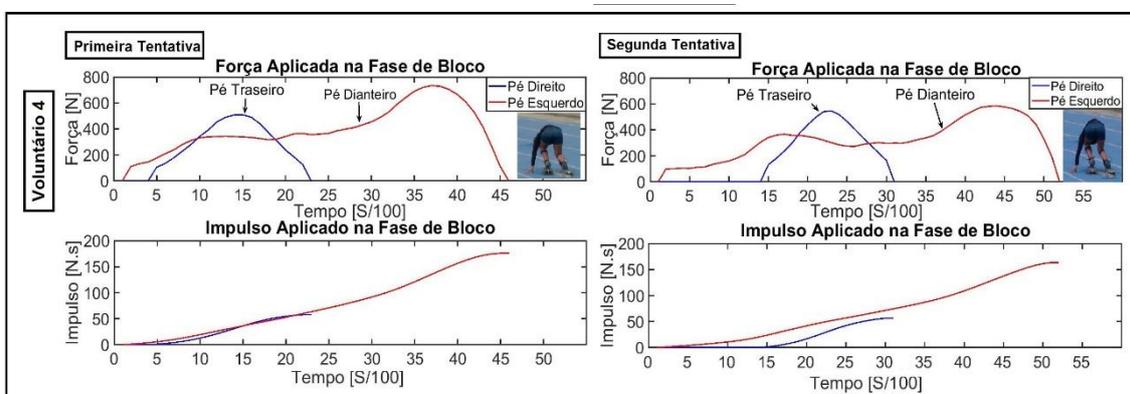


Figura 8: Força e Impulso realizado na fase de bloco pelo quarto voluntário.

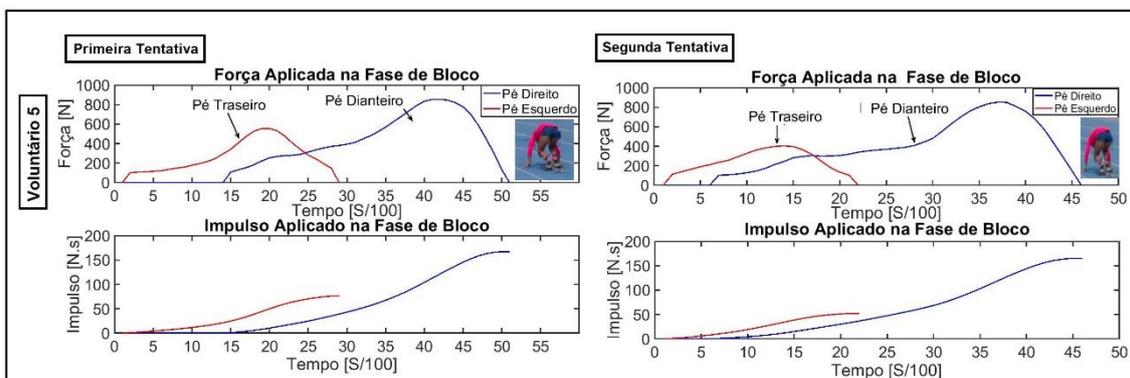


Figura 9: Força e Impulso realizado na fase de bloco pelo quinto voluntário.

De acordo com os resultados da análise biomecânica obtidos pelas duas tentativas dos cinco (05) atletas (masculinos e femininos) podemos verificar que nesta fase da prova os atletas não valorizaram tanto e deixaram de aplicar

força vertical ao longo do tempo suficiente para empurrar os blocos, não sendo plausível tanto para a perna traseira como na dianteira, respectivamente.

Esta capacidade de empurrar os blocos com força suficiente é importante para os atletas terem um bom desempenho no bloco de saída, no qual, não conseguiram atingir um ótimo padrão de execução do movimento nesta fase e requer treinamento especial.

O sujeito 01 fez uma troca na perna dianteira da primeira para segunda tentativa, podendo ser observado na segunda tentativa, a perna esquerda (dianteira) gerou força mais eficaz que sua perna direita (dianteira) da primeira tentativa.

Em relação ao impulso realizado na fase de bloco a perna dianteira teve um maior impulso do que a perna traseira devido a força e o tempo de duração para tirar o pé do bloco de saída podendo ser ajustado para melhorar o desempenho na saída.

A análise da distribuição da pressão plantar em cada pé de cada atleta pode ser observada e comparada nas figuras de 10 á 14, no qual mostra a distribuição da força nas áreas específicas pré-determinadas, sendo importante para entender a mecânica do pé de cada indivíduo nesta fase.

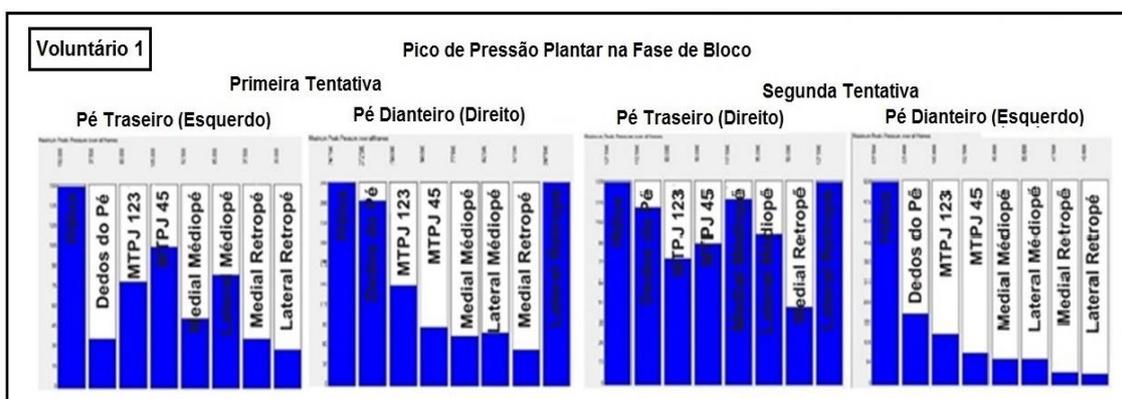


Figura 10: Distribuição de pressão plantar na fase de bloco do primeiro voluntário.

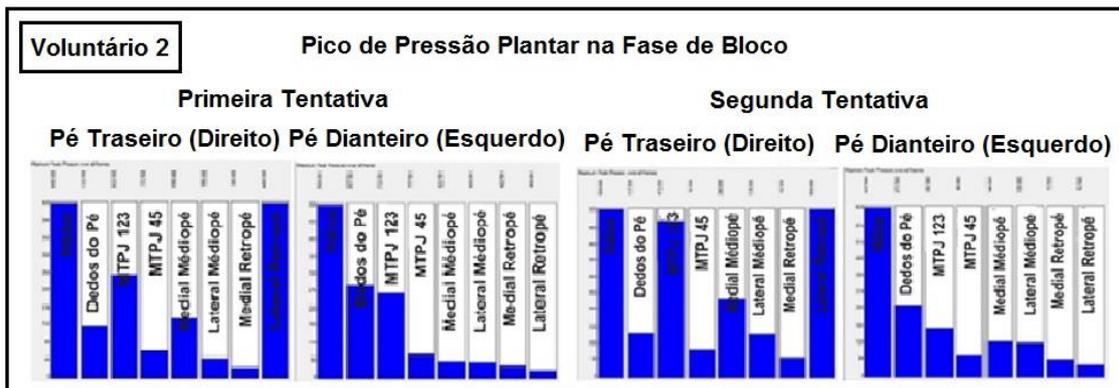


Figura 11: Distribuição de pressão plantar na fase de bloco do segundo voluntário.

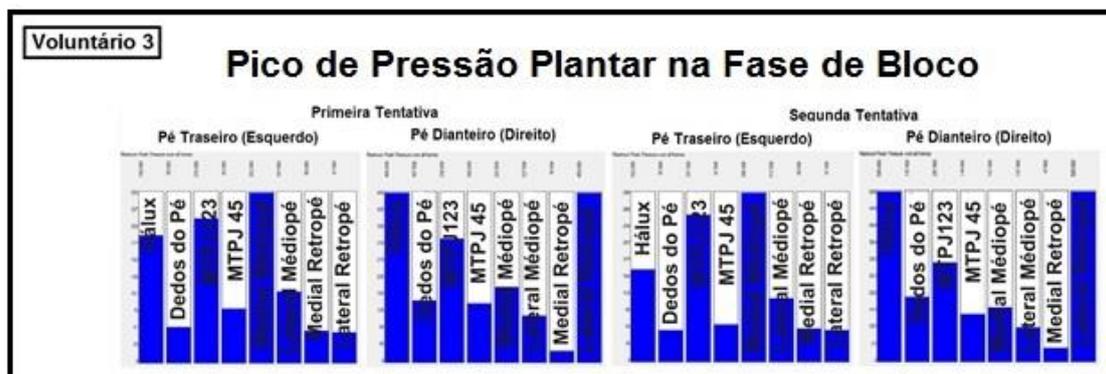


Figura 12: Distribuição de pressão plantar na fase de bloco do terceiro voluntário.

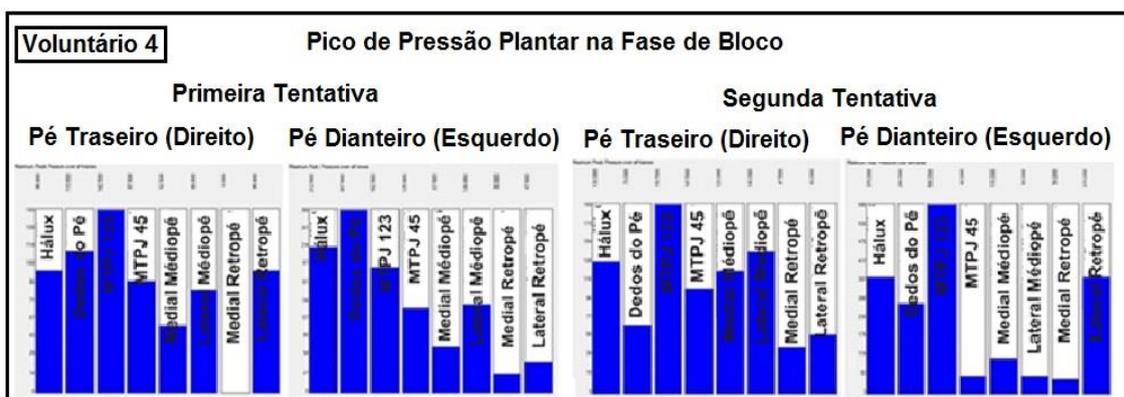


Figura 13: Distribuição de pressão plantar na fase de bloco do quarto voluntário.

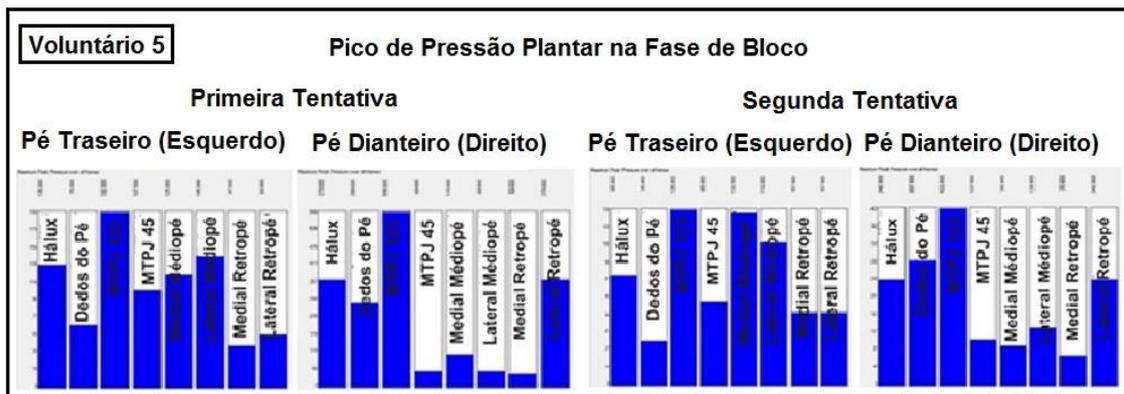


Figura 14: Distribuição de pressão plantar na fase de bloco do quinto voluntário.

Esses dados mostram que existe uma diferença na distribuição da pressão plantar realizada nas duas tentativas de cada atleta durante a fase de bloco e quando feito uma comparação intra-sujeito, pode-se detectar uma variabilidade nas regiões do pé desses atletas.

No entanto, o sujeito 1, na sua primeira tentativa, seu pé traseiro (esquerdo) no bloco de saída, teve maiores pico de pressão plantar nas regiões do Hálux, MTPJ 123, MTPJ 45 e Lateral Mediopé, cujo no pé dianteiro (direito) as regiões prevalentes foram Hálux, Dedos do pé e Lateral do Retropé. Pois, quando comparado com sua segunda tentativa, o pé traseiro (direito) utiliza as regiões Hálux, Dedos do pé, MTPJ 123, MTPJ 45, Medial Mediopé, Lateral Mediopé, Medial Retropé, Lateral Retropé com mais predominância, já o pé dianteiro (esquerdo) teve maior pico de pressão na região do Hálux.

Todavia, as áreas específicas predominantes no sujeito 2, são as mesmas quando comparado com suas tentativas, tanto para pé dianteiro como para o traseiro, não havendo uma variabilidade significativa, o mesmo pode ser observado no sujeito 3, de tal maneira, que no seu pé traseiro (esquerdo) as áreas com maiores pressões foram Hálux, MTPJ 123, Medial Mediopé e no dianteiro (direito) Hálux, MTPJ 123, Lateral do Retropé.

O sujeito 4 teve maior mensuração da pressão plantar em sua primeira tentativa no pé traseiro (direito) nas regiões Hálux, dedos do pé, MTPJ123, MTPJ 45, Medial do Mediopé, Lateral do Mediopé, Lateral do Retropé) e não teve força realizada na região Medial do Retropé, no seu pé dianteiro

(esquerdo) teve predomínio especificamente, Hálux, Dedos do pé, MTPJ 123, MTPJ 45, Lateral Mediopé. Na sua segunda tentativa o pé traseiro teve essencialmente a predominância da pressão plantar nas regiões Hálux, MTPJ 123, MTPJ 45, Medial do Mediopé, Lateral do Mediopé e no dianteiro (Hálux, dedos do pé, MTPJ 45, Lateral do Retropé).

No entanto, o sujeito 5 teve maior pressão plantar em sua primeira tentativa no pé dianteiro nas regiões do Hálux, MTPJ 123, Lateral do Retropé, e no traseiro Hálux, MTPJ 123, MTPJ 45, Medial do Mediopé, Lateral do Mediopé fazendo uma comparação com sua segunda tentativa a região do Dedos do pé no dianteiro foi utilizada com maior predominância no que em sua primeira tentativa e a região do Metatarsofalangiana 45 não teve tanto ativação na sua segunda tentativa.

Portanto, podemos notar que existe uma diferença na aplicação da distribuição de pressão plantar nas regiões do pé desses atletas durante a fase de bloco, pois as maiores pressões foram medidas nas regiões do Hálux, Dedos do pé e Metatarso falangiana.

O deslocamento do Centro de Pressão Plantar (local de aplicação da força) na superfície do bloco durante a fase de bloco é mostrado nas figuras de 15 á 19, e pode notar-se uma diferença na localização do Centro de Pressão entre a primeira e a segunda tentativa de cada sujeito.

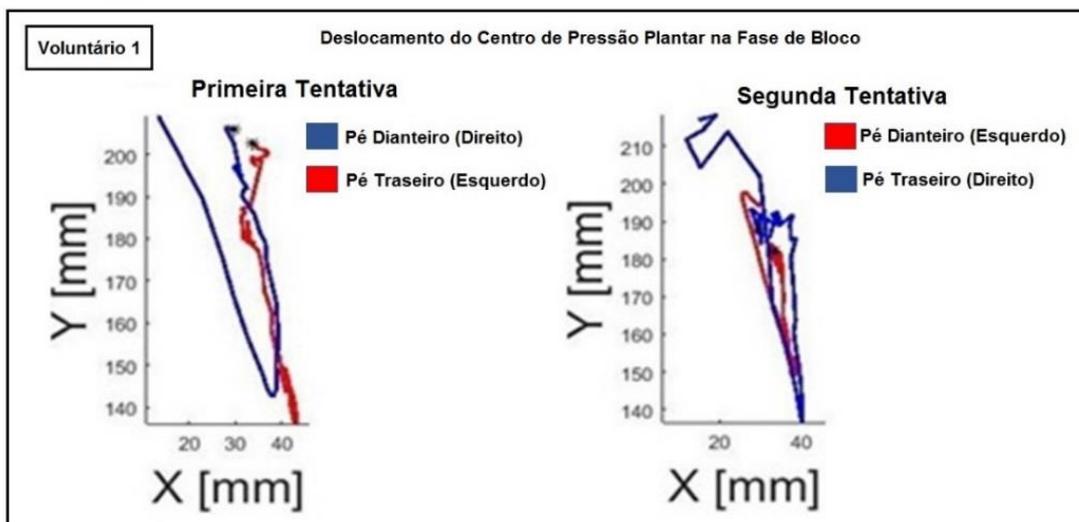


Figura 15: Posição do centro de pressão na fase de bloco do primeiro voluntário.

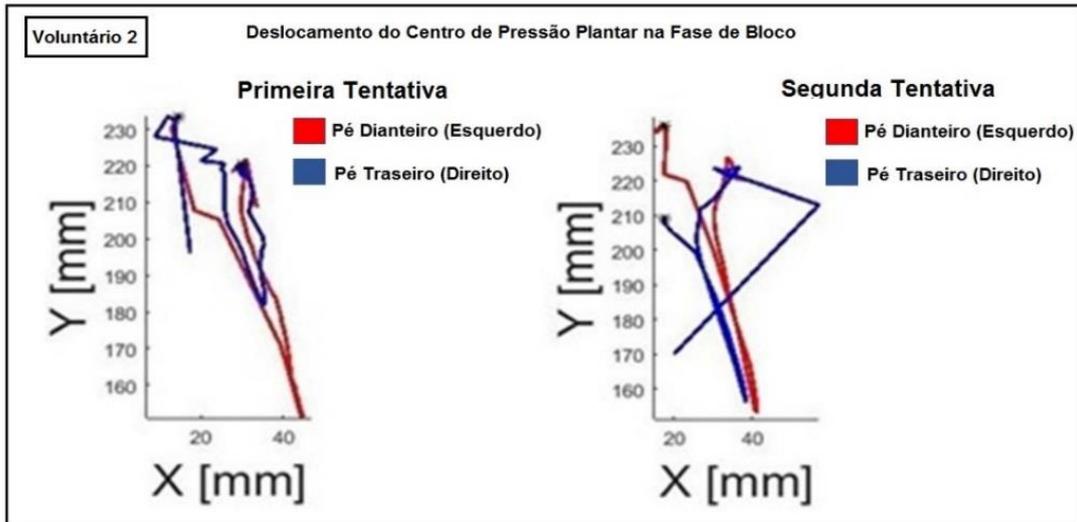


Figura 16: Posição do centro de pressão na fase de bloco do segundo voluntário.

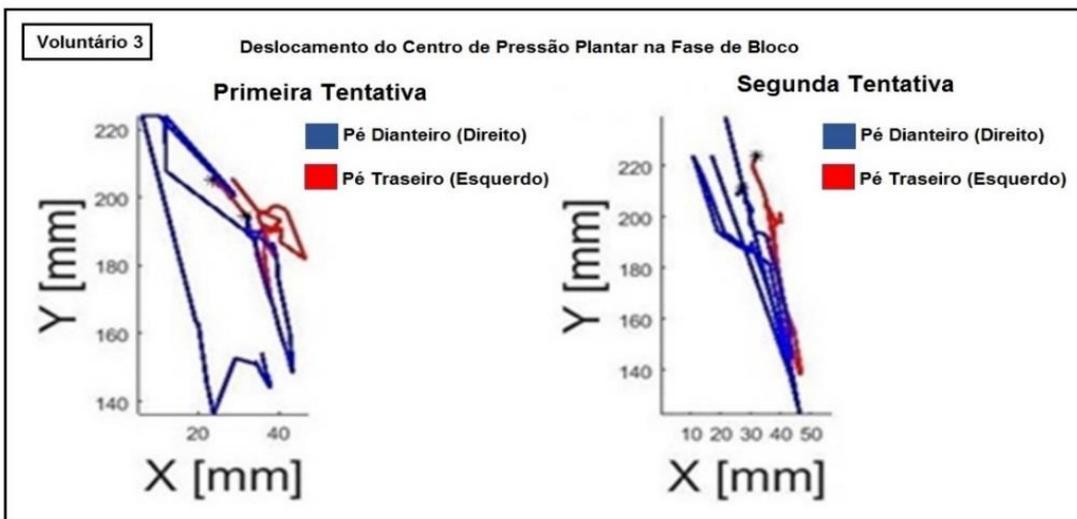


Figura 17: Posição do centro de pressão na fase de bloco do terceiro voluntário.

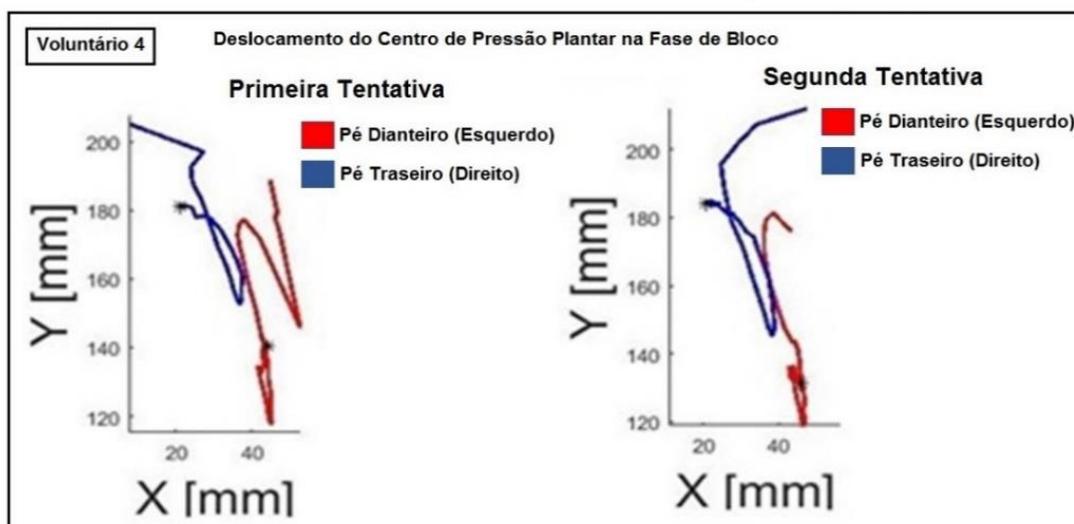


Figura 18: Posição do centro de pressão na fase de bloco do quarto voluntário.

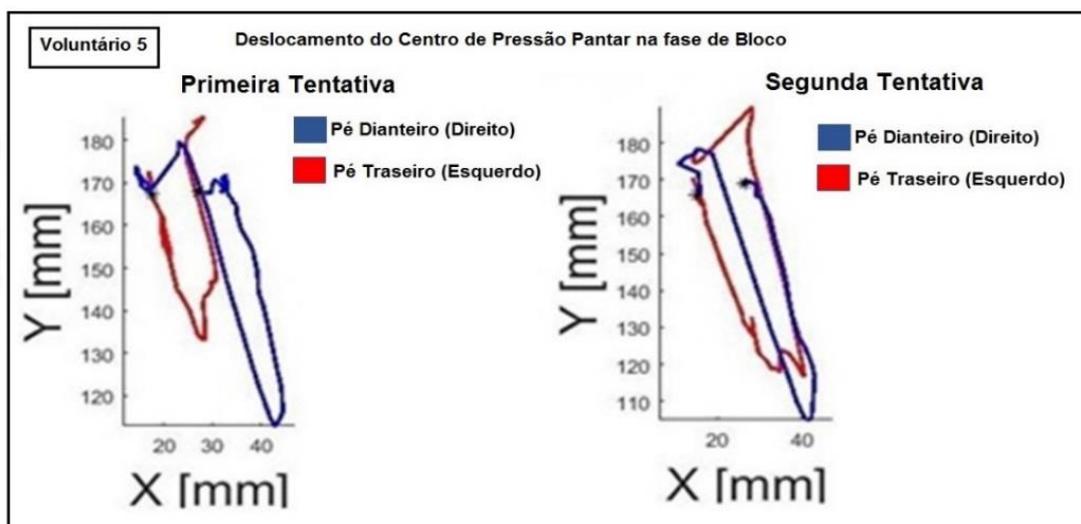


Figura 19: Posição do centro de pressão na fase de bloco do quinto voluntário.

A localização do Centro de Pressão pode ser importante para entender como está sendo aplicada a força nas regiões do pé e obter um parâmetro de uma boa execução na fase de bloco da prova de 400 metros com barreiras. Além disso, o Centro de Pressão Plantar não foi o mesmo quando comparado intra-sujeitos em suas tentativas, havendo uma variabilidade considerada, sendo informações que ajudam entender a mecânica do pé de cada indivíduo nesta fase.

6 DISCUSSÃO

Esse estudo é o primeiro a analisar a distribuição de pressão plantar em atletas de elite da prova de 400 metros com barreiras na fase de bloco. Pois, os resultados obtidos da aplicação da força durante a fase de bloco, especificamente, do pé dianteiro e traseiro nos apoios do bloco, podem-se verificar que existe uma variabilidade quando comparado intra e inter-sujeitos e não conseguiram aperfeiçoar a execução do movimento no bloco de partida.

Segundo FORTIER et al. (2005) existe quatro parâmetros que distinguem atletas velocistas de elite dos sub-elite, tais como, o atraso entre o final do deslocamento de força traseira e frontal, o pico de força traseiro, o tempo total de bloqueio e o tempo de pico da força traseira. Dessa forma, a prova de 400 metros com barreiras, por ser complexa, é importante que os atletas valorizem a fase de bloco, pois uma boa atenção aos mínimos detalhes na execução dos movimentos desses atletas pode-se resultar em vitória ou melhoria de desempenho.

No estudo de WILLWACHER et al. (2016) enfatiza a importância da aplicação da força nos blocos dianteiros e traseiros de a maneira excessivamente horizontal. Para BEZODIS et al. (2019) as magnitudes resultantes da GRFs produzidas em ambos os blocos foram importantes para o desempenho de atletas de elite na fase de bloco, mas a sua direção de aplicação não teve relevância.

Entretanto, a distribuição de pressão plantar verificada nas regiões específicas em cada pés nos atletas, pode-se notar que existe uma variabilidade nas áreas predominantes entre a primeira e a segunda tentativa de cada atleta. Além disso, as maiores pressões mensuradas foram nas regiões do Hálux, Dedos do pé e Metatarso falangiana, podendo ser uma característica mecânica do pé dos sujeitos por estarem com a região do antepé sobre o bloco de partida ou mesmo postural.

Como não teve nenhum estudo encontrado na literatura que investigou a distribuição da pressão plantar em velocistas na fase de bloco, sendo difícil comparar os resultados atuais com os anteriores.

Portanto, essas informações são importantes para entender e compreender para melhorar o desempenho dos atletas na fase de bloco da prova e 400 metros com barreiras.

7 CONCLUSÃO

Podemos concluir que a metodologia possui grande potencial de aplicação, tendo fornecido dados relevantes para a análise do desempenho dos atletas. Na fase de bloco existe uma considerável variabilidade nos padrões de geração de força sobre os blocos de saída entre os sujeitos e entre as tentativas sugerindo que estes padrões ainda podem ser otimizados. Portanto, recomenda-se uma maior ênfase no treinamento nesta fase na prova de 400 metros com barreiras, buscando uma otimização dos resultados e melhorando o desempenho dos atletas.

8 REFERÊNCIAS

- BEZODIS, Neil Edward; WALTON, Sean Peter; NAGAHARA, Ryu. A compreensão do sprint em pista e campo começa por meio de uma análise funcional dos recursos de força externa que contribuem para níveis mais altos de desempenho da fase de bloqueio. **Journal of sports sciences** , v. 37, n. 5, pág. 560-567, 2019.
- BOYD, R. Componentes dos 400m com barreiras. **Track Coach Spring** , v. 151, p. 4822-4830, 2000.
- COLE, Braden. **Relação entre pressões do pé e alterações das velocidades horizontais do centro de massa durante a barreira**. 2011. Tese de Doutorado.
- COLE, Braden; FINCH, Alfred; ARIEL, Gideon. Relação entre as pressões do pé e as alterações das velocidades horizontais durante a corrida com obstáculos. In: **ISBS-Conference Proceedings Archive** . 2012.
- CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE ATLETISMO (CBAT). Regras de Competição e Regras Técnicas da World Athletics – Edição 2020.
- DE GOUVEIA PACHECO, Rui Manuel. CORRIDA COM BARREIRAS. 2009.
- FALBRIARD, Mathieu; MOHR, Maurice; AMINIAN, Kamiar. Detecção de distância de barreira e análise espaço-temporal em corridas com barreira de 400 metros usando sensores magnéticos e inerciais montados em sapata. **Sensores** , v. 20, n. 2, pág. 354, 2020.
- FORTIER, Sylvie et al. Desempenho de bloco de partida em velocistas: um método estatístico para identificar parâmetros discriminativos de desempenho e uma análise do efeito de fornecer feedback em um período de 6 semanas. **Journal of Sports Science & Medicine** , v. 4, n. 2, pág. 134, 2005.
- HARLAND, MJ; STEELE, Julie R. Biomecânica do início do sprint. **Medicina do esporte** , v. 23, n. 1, pág. 11-20, 1997.
- LINDEMAN, Ralph. Teoria de obstáculos de 400 metros. **Track Coach** , v. 131, p. 4169-4171, 1995.
- PAIVA, M.; FERNANDES, S. Abordagem Multidisciplinar do Atletismo na Escola-Corrída de velocidade. **Revista Ozarfaxinars**, n. 23, 2011.
- VAN DER ZWAARD, Babette C. et al. A variação na localização do ponto de flexão da sola do sapato influencia os padrões de carregamento plantar durante a marcha. **Jornal de pesquisa de pé e tornozelo** , v. 7, n. 1, pág. 20, 2014.

WILLWACHER, Steffen et al. Cinética de início de sprint de velocistas amputados e não amputados. **PloS one** , v. 11, n. 11, pág. e0166219, 2016.