

Roberto De Santis

**EFEITO AGUDO DA CONTRAÇÃO VOLUNTÁRIA ISOMÉTRICA MÁXIMA (CVIM)  
COM ADIÇÃO DE VIBRAÇÃO MECÂNICA SOBRE O DESEMPENHO EM  
CORRIDA DE VELOCIDADE.**

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

2016

Roberto De Santis

**EFEITO AGUDO DA CONTRAÇÃO VOLUNTÁRIA ISOMÉTRICA MÁXIMA (CVIM)  
COM ADIÇÃO DE VIBRAÇÃO MECÂNICA SOBRE O DESEMPENHO EM  
CORRIDA DE VELOCIDADE.**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Ciências do Esporte da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências do Esporte.

Área de concentração: Treinamento Esportivo

Orientador: Prof. Dr. Leszek Antoni Szmuchrowski

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

2016

Este trabalho foi realizado no Centro de Treinamento Esportivo da Universidade Federal de Minas Gerais (CTE-UFMG) e no Laboratório de Avaliação da Carga (LAC), da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO), da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais e à minha esposa.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador Prof. Leszek Antoni Szmuchrowski.

Aos professores Reginaldo Gonçalves, Ytalo Mota e André Gustavo Pereira.

Ao colega e técnico Giancarlo Maron.

Aos membros e professores do Laboratório de Avaliação da Carga (LAC).

Ao técnico Mauro França.

Aos assistentes Bruna, Ingrid, Luiz e Arthur.

Aos atletas velocistas do Centro de Treinamento Esportivo da UFMG (CTE-UFMG) pela disponibilidade em participar desta pesquisa.

Aos atletas da Equipe Clã-Delfos.

A todos os funcionários e colegas do Centro de Treinamento Esportivo da UFMG (CTE-UFMG).

**“A vida é questão de tempo”.**

**Carl Lewis**

## RESUMO

Diversos estudos verificaram os efeitos agudos de diferentes atividades condicionantes no desempenho em testes de velocidade. O objetivo deste estudo foi verificar o efeito agudo da Contração Isométrica Voluntária Máxima (CVIM) com adição de vibração mecânica no desempenho em corrida de velocidade. Participaram do estudo 8 jovens atletas velocistas do sexo masculino, idade  $20,23 \pm 2,46$  anos, massa corporal  $69,9 \pm 4,2$  kg, estatura  $1,77 \pm 0,05$  m e melhor resultado nos 100 m  $11.14 \pm 0,32$  s. Os atletas foram submetidos a três condições experimentais: Contração voluntária isométrica máxima (CVIM), CVIM com adição de vibração mecânica (CVIM+VIB) e Controle (CON), em dias não consecutivos, de maneira aleatória. Na Condição CVIM, os atletas realizaram uma contração Isométrica máxima de membros inferiores de 5s como atividade condicionante, enquanto na condição CVIM+VIB realizaram a mesma contração com a adição de vibração mecânica (26 Hz, 6mm). Em todas as condições, a variável dependente para comparação das diferentes atividades condicionantes foi o tempo no teste de 40m, incluindo os tempos parciais aos 10, 20, 30 e final aos 40m, mensurados imediatamente após a contração (0 min) e após 8 minutos de descanso ativo (8 min). A análise dos resultados não demonstrou diferenças significativas nos tempos parciais aos 10 e 20 m entre as condições. No tempo parcial aos 30m, houve diferença significativa entre as condições CVIM 0 min e CVIM+VIB 8 min ( $3.94 \pm 0.12$  s Vs.  $3.85 \pm 0.13$  s). No tempo final aos 40m, diferenças significativas foram encontradas entre as condições CVIM 0 min e CVIM 8 min ( $5.01 \pm 0.17$  s Vs.  $4.91 \pm 0,15$  s) e entre as condições CVIM 0 min e CVIM+VIB 8 min ( $5.01 \pm 0.17$  s Vs.  $4.89 \pm 0,16$  s). A CVIM com e sem a adição de vibração mecânica parece não melhorar o tempo no teste de 40m após 0 e 8 min de descanso.

**Palavras-chave:** Corrida de velocidade. Vibrações mecânicas. Contração Isométrica. Voluntária Máxima. Potencialização pós-ativação.

## ABSTRACT

Several studies have verified the acute effects of different preconditioning activities on sprint performance. The aim of this study was to investigate the acute effect of Maximum Voluntary Contraction (MVC) with the addition of mechanical vibrations on sprint test performance. The sample consisted of 8 young male sprinters, age  $20.23 \pm 2.46$  years, body weight  $69.9 \pm 4.2$  kg, height  $1.77 \pm 0.05$  and personal best on 100 m  $11.14 \pm 0,32$  s. Each athlete participated in three separate trials: Maximum Voluntary Contraction (MVC), MVC with the addition of mechanical vibration (MVC + VIB) and control (CON), on non-consecutive days, using randomized treatment sessions (1 treatment per session). In MVC condition, athletes performed a 5s maximal isometric contraction of the lower limbs as preconditioning activity, while on the condition VIB + MVC performed the same contraction with the addition of mechanical vibration (26 Hz, 6 mm). In all conditions, the dependent variable for comparison the different pre-conditioning activities was the time at 40m sprint test, including the split times at 10, 20, 30 and 40m, recorded immediately after the contraction (0 min) and after 8 minutes of active rest (8 min). Results indicated no significant differences in split times at 10 and 20 m between the conditions. In the 30m split time, a significant difference was found between the MVC 0 min and MVC +VIB 8 min conditions ( $3.94 \pm 0.12$  s vs.  $3.85 \pm 0.13$  s). In the 40m split time between MVC 0 min and MVC 8 min conditions ( $5:01 \pm 0:17$  vs.  $4.91 \pm 0.15$  s) and between MVC 0 min an MVC+VIB 8 min conditions ( $5:01 \pm 0:17 \pm 4.89$  s Vs.  $0.16$  s). The MVC with and without the addition of mechanical vibration seems not to improve 40m sprint test after 0 and 8 min of rest.

**Keywords:** Sprint. Mechanical vibration. Maximum Voluntary Contraction. Post-activation potentiation.



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Sequência de atividades durante uma sessão. Fonte: adaptado de CHATZOPOULOS, 2007.....	28
<b>Tabela 2.</b> Antropometria e melhores resultados. Fonte: adaptado de LIM e KONG, 2013.....	29
<b>Tabela 3.</b> Melhores resultados dos atletas da amostra.....	35
<b>Tabela 4.</b> Média dos tempos de 0 a 10 m nas diferentes condições experimentais.....	44
<b>Tabela 5.</b> Média dos tempos de 0 a 20 m nas diferentes condições experimentais.....	44
<b>Tabela 6.</b> Média dos tempos de 0 a 30 m nas diferentes condições experimentais.....	44
<b>Tabela 7.</b> Média dos tempos de 0 a 40 m nas diferentes condições experimentais.....	45
<b>Tabela 8.</b> Frequência média de passos.....	45
<b>Tabela 9.</b> Amplitude média de passos.....	45

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diferentes formas de onda de um movimento oscilatório (GRIFFIN, 1996) .....	18
<b>Figura 2.</b> Equipamento para aplicação de vibração mecânica localizada (traduzido de COUTO, 2012). .....	19
<b>Figura 3.</b> Contribuições para o comprimento total da passada de um corredor (Hay, 1985).....	21
<b>Figura 4.</b> Potencialização pós-ativação e fadiga (adaptado de TILLIN, e BISHOP, 2009).....	26
<b>Figura 5.</b> Os fatores complexos que influenciam o desempenho de uma atividade explosiva voluntária após uma contração condicionante (Atividade) (adaptado de TILLIN; e BISHOP, 2009) PPA: potencialização pós-ativação; MRCL: miosina regulatória de cadeia leve. ....	26
<b>Figura 6.</b> Desenho experimental do estudo (YETTER e MOIR, 2008) .....	30
<b>Figura 7.</b> Desenho Experimental. (MC BRIDE,NIMPFIUS,e ERICKSON, 2005)..	31
<b>Figura 8.</b> Desenho experimental (TILL e COOKE, 2009) .....	32
<b>Figura 9.</b> Desenho do estudo (elaborado pelo próprio autor) .....	37
<b>Figura 10.</b> Sistema para a avaliação da corrida de 40 m em velocidade máxima (elaborado pelo próprio autor) .....	38
<b>Figura 11.</b> Cinto para CVIM.....	39
<b>Figura 12.</b> Célula de carga conectada a roldana .....	40
<b>Figura 13.</b> Exemplo de curva força (N) em função do tempo (s) da ação isométrica, com aplicação de vibração mecânica. ....	41
<b>Figura 14.</b> Equipamentos para a realização da CVIM com adição de vibração mecânica.....	42

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

1RM: uma repetição máxima

AP<sub>média</sub>: amplitude média de passos

Cm: centímetro

CP: comprimento das passadas

CTE-UFMG: Centro de Treinamento Esportivo da Universidade Federal de Minas Gerais

CVIM: contração voluntária isométrica máxima

CV: potência em Cavalos

FP: frequência das passadas

FP<sub>média</sub>: frequência média de passos

Hz: unidade de medida de frequência (hertz)

Kg: quilograma

m: unidade de medida de distância (metros)

mm: unidade de medida de amplitude (milímetros)

MMII: membros inferiores

MRCL: miosina regulatória de cadeia leve

PPA: potencialização pós-ativação

PPT: potencialização pós-tetânica

Res: resolução

Rpm: repetições por minuto

RTV: reflexo tônico à vibração

s: unidade de medida de tempo (segundos)

SA: salto agachado

SCM: salto com contramovimento

TCLE: termo de consentimento livre e esclarecido

VCI: vibração de corpo inteiro

VL: vibração localizada

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>1.1 OBJETIVO</b> .....	<b>16</b>
1.1.1 Objetivo geral: .....	16
1.1.2 Objetivos específicos: .....	16
<b>1.2 HIPÓTESES</b> .....	<b>16</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>17</b>
2.1 Vibração mecânica.....	17
2.2 Corrida de Velocidade .....	20
2.3 Vibração e corrida de velocidade.....	22
2.4 Potencialização pós-ativação (PPA) .....	25
<b>2.4.1 PPA e corrida de velocidade</b> .....	<b>27</b>
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>34</b>
3.1 Cuidados Éticos .....	34
3.2 Amostra.....	34
3.3 Procedimentos experimentais .....	35
3.3.1 Familiarização e antropometria.....	35
3.3.2 Sessões experimentais.....	36
<b>3.3.3 Controle</b> .....	<b>37</b>
<b>3.3.4 Contração voluntária isométrica máxima (CVIM)</b> .....	<b>39</b>
<b>3.3.5 CVIM com adição de vibração mecânica</b> .....	<b>40</b>
<b>4 ANÁLISE ESTATÍSTICA</b> .....	<b>43</b>
<b>5 RESULTADOS</b> .....	<b>44</b>
<b>6 DISCUSSÃO</b> .....	<b>46</b>
<b>7 CONCLUSÃO</b> .....	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>51</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>58</b>
ANEXO 1. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) .....	58



## 1 INTRODUÇÃO

Desde os primeiros Jogos Olímpicos realizados na cidade de Olympia, na Grécia, quando o atleta *Koroibos* ganhou a prova de velocidade *stadium* (192 m) - volta de um estádio -, o Atletismo, tem sido a expressão máxima desses jogos, e a sua expansão pelo mundo sucedeu de forma fácil e natural, suscitando grande interesse científico (PILIANIDIS *et al.*, 2012).

Atualmente, a prova do atletismo mais famosa, prestigiosa e amplamente divulgada pela mídia é a dos 100 metros rasos, a qual é presente no programa olímpico, sendo a prova mais curta do programa de competições internacionais *outdoor*, realizada em percurso inteiramente retilíneo ([www.iaaf.org](http://www.iaaf.org)). Os 100 metros representam a medida padrão para mensurar as capacidades extremas de velocidade da locomoção humana e definem o “homem mais rápido do mundo” (MORIN *et al.*, 2012). O resultado da prova dos 100 metros rasos, como em todas as provas de velocidade, depende da integração de quatro fases: 1) Largada dos blocos (tempo de reação + fase de pressão nos blocos), 2) Fase de aceleração, 3) Fase de velocidade máxima e 4) Fase de desaceleração (ou tentativa de manutenção) (MERO, KOMI e GREGOR, 1992).

Tentativas para melhorar a velocidade dos atletas deveriam induzir adaptações neuromusculares que aumentam o comprimento das passadas ou a frequência das mesmas, sem que a melhora de um desses parâmetros prejudique o outro (MYER *et al.*, 2007). Entretanto, ao mais alto nível de desempenho atlético, torna-se difícil proporcionar um estímulo de treinamento adicional que tenha um efeito aditivo sobre a carga de treinamento aplicada (HORTOBÁGYI, 2015).

Estudos recentes demonstraram a possibilidade de utilizar as vibrações mecânicas como ferramenta de treinamento no contexto esportivo (MOODIE *et al.*, 2015, KAVANAUGH *et al.*, 2014; GERAKAKI *et al.*, 2013; COCHRANE, CRONIN e FINK, 2015). Especificamente, a adição de vibração mecânica é cada vez mais utilizada como meio de treinamento em atletas de alto rendimento, com o objetivo de melhorar o desempenho de gestos que exigem velocidade-força (DELECLUSE, 2005).

Em teoria, a vibração faz com que os neurônios aferentes dos fusos musculares se tornem mais sensíveis ao estiramento muscular; esta resposta poderia conduzir a um aumento do recrutamento das unidades motoras, ao aumento da frequência de disparo e a melhoria da sincronização, permitindo uma contração muscular mais rápida e mais forte quando o músculo é rapidamente alongado (RITTWEGER, BELLER e FELSEBERG, 2000; RITTWEGER *et al.*, 2003).

Se a potenciação do músculo é aumentada dessa forma, o desempenho atlético que utiliza o ciclo de alongamento-encurtamento (utilizado em movimentos reativos, com ações excêntricas seguidas imediatamente por ações concêntricas) deveria ser otimizado (WILCOCK *et al.*, 2009).

Essas inferências resultaram em um crescente interesse no potencial da vibração mecânica para o treinamento de velocistas, pois uma excitabilidade ideal do motoneurônio e o recrutamento de fibras de contração rápida são dois fatores determinantes no desempenho da corrida de velocidade (DELECLUSE, 2005).

Bullock *et al.* (2008) não verificaram aumentos agudos na velocidade de corrida após aplicação de vibração de corpo inteiro (VCI) em atletas profissionais da modalidade *skeleton*, Cochrane *et al.* (2004) também não acharam diferenças significativas entre o grupo controle e o grupo com vibração nos resultados obtidos nos testes de velocidade.

Ao contrário, Ronnestad e Ellefsen (2011) relataram melhoras no teste de 40m em jogadores de futebol, após realizar agachamentos com peso do corpo na plataforma vibratória como complemento das atividades preparatórias.

Dessa forma, é atualmente pouco claro se a adição da vibração mecânica no treinamento convencional de atletas melhora de maneira aguda o desempenho da corrida de velocidade (KAVANAUGH *et al.*, 2015).

Além disso, são utilizadas no treinamento esportivo contrações musculares máximas ou perto do máximo como atividades condicionantes, realizadas com o intento de provocar melhoras agudas no desempenho de gestos que exigem potência muscular (CHATZOPOULOS *et al.*, 2007; GUGGENHEIMER *et al.*, 2009; GULLICH, e SCMHIDTBLEICHER, 1996; LIM, e KONG, 2013; NACLERIO *et al.*, 2013; RAHIMI, 2007; VANDERKA, 2015).

Tais melhoras no desempenho têm sido atribuídas a um fenômeno chamado potencialização pós-ativação (PPA) dos grupos musculares que foram previamente ativados, pelo qual o aumento da força produzida é o resultado da atividade contrátil prévia (LIM, e, KONG, 2013).

As atividades condicionantes normalmente utilizadas para PPA são exercícios dinâmicos, como agachamentos (LIM, e, KONG, 2013, NACLERIO, 2013, CHATZOPOULOS, 2007, YETTER, e, MOIR, 2008, RAHIMI, 2007), agachamentos com saltos (VANDERKA, 2015, FRENCH, KRAEMER, e, COOKE, 2003), bem como ações isométricas máximas e submáximas (GULLICH, e, SCMHIDTBLEICHER, 1996, FRENCH, KRAEMER, e, COOKE, 2003, LIM, e, KONG, 2013).

Lim e Kong (2013) não verificaram ganhos na velocidade de corrida nos 30m após a realização de agachamentos dinâmicos e isométricos como atividades condicionantes em atletas velocistas de nível nacional. Ao contrário, Yetter e Moir (2008) encontraram melhoras na velocidade de corrida após a realização de agachamentos com carga elevada (70 % de 1RM) como atividade preparatória em indivíduos saudáveis treinados em força.

Segundo Tillin e Bishop (2009), as contrações isométricas ativariam um maior número de fibras musculares comparado com as contrações dinâmicas, isso levaria a uma maior fosforilação da miosina regulatória de cadeia leve (MRCL) e maiores mudanças na arquitetura muscular; esses mecanismos são citados na literatura como envolvidos na PPA.

Naclerio *et al.* (2013) investigaram os efeitos de diferentes protocolos de PPA realizados com e sem a aplicação de vibração mecânica. Os autores relataram uma queda do desempenho no salto em profundidade em jogadores de esportes coletivos (baseball e futebol americano), após realizar agachamentos com carga de 80% de uma repetição máxima (1 RM) na plataforma vibratória.

Portanto, existem resultados divergentes com relação ao uso das vibrações mecânicas no treinamento esportivo. Até o momento nenhum estudo verificou os efeitos agudos da Contração Isométrica voluntária máxima (CVIM) com adição de vibração mecânica na corrida de velocidade.



## **1.1 OBJETIVO**

### **1.1.1 Objetivo geral:**

Verificar o efeito agudo da CVIM com e sem a adição de vibração mecânica na corrida de velocidade.

### **1.1.2 Objetivos específicos:**

Registrar e comparar os tempos obtidos no teste de velocidade de 40m, incluindo os tempos parciais aos 10, 20, 30 e final aos 40m, após as diferentes condições experimentais. Além disso, comparar os parâmetros de frequência e amplitude média dos passos durante a corrida de 40m.

## **1.2 HIPÓTESES**

H<sub>0</sub>1) A CVIM de MMII sem adição de vibração irá melhorar o tempo no teste de 40 m.

H1) A CVIM de MMII sem adição de vibração não irá melhorar o tempo no teste de 40 m.

H<sub>0</sub>2) A contração isométrica máxima de MMII com adição de vibração mecânica irá melhorar o tempo no teste de 40 m.

H2) A contração isométrica máxima de MMII com adição de vibração mecânica não irá melhorar o tempo no teste de 40 m.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Vibração mecânica

A utilização das vibrações mecânicas como meio de treinamento é bastante recente, apesar de existir interesse para este fenômeno e para os efeitos que gera no corpo humano a mais de um século (ISSURIN, 2005).

Já no ano 1881, o cientista e inventor *Joseph Mortimer Granville* estudou os efeitos curativos da vibração mecânica sobre a dor física (GRANVILLE, 1881).

Posteriormente, no começo do século passado, apareceram publicações relacionadas aos efeitos patológicos em trabalhadores submetidos às vibrações constantes provocadas pelas ferramentas de trabalho (CARDINALE, e ERSKINE, 2008).

Em 1966, foi publicado um artigo científico que descreve um fenômeno de contração muscular reflexa, obtida submetendo o tendão ou o ventre muscular a uma vibração direta. O fenômeno foi denominado “reflexo tônico à vibração” (RTV)(EKLUND, e HAGBARTH, 1966 *apud* BOSCO, CARDINALE, e TSARPELA, 1999a).

Uma série de experimentos foi realizada no final da década de 80, principalmente na antiga União Soviética. Nesses estudos a vibração mecânica era aplicada no treinamento de ballet e ginástica, na medicina e no setor dos voos aeroespaciais (NAZAROV, e SPIVAK, 1987).

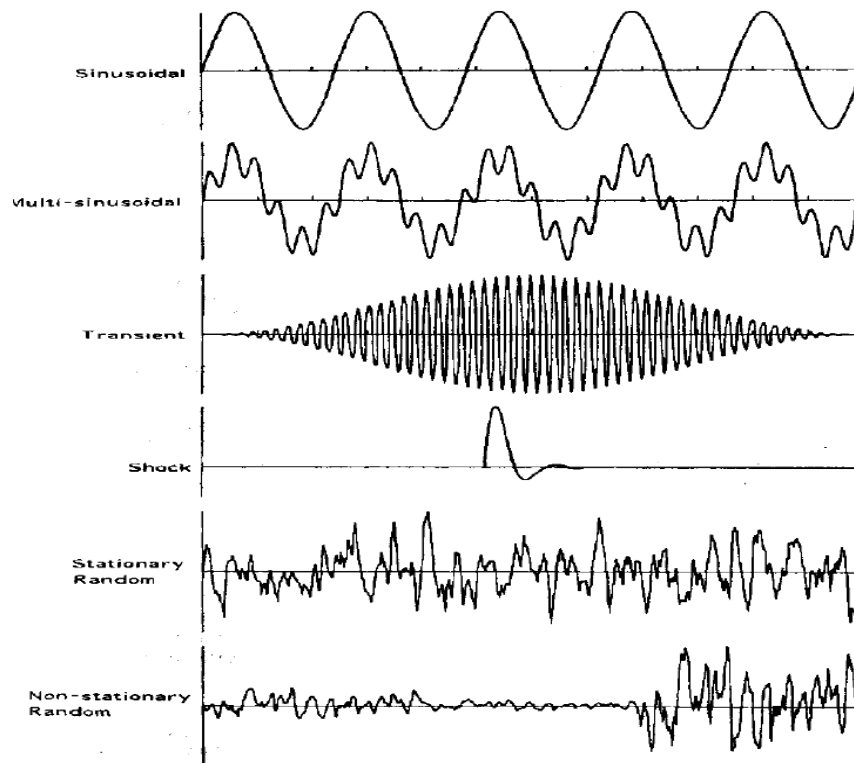
Entretanto, estudos da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) investigaram o uso do treinamento em plataforma vibratória para combater os efeitos da exposição do ser humano a microgravidade, como a redução da massa muscular (sarcopenia), da massa óssea (osteopenia) e alteração da funcionalidade neuromuscular (NASA, 2001).

A vibração em si é um estímulo mecânico caracterizado por um movimento oscilatório (CARDINALE e BOSCO, 2003). Os parâmetros biomecânicos que determinam sua intensidade são a amplitude, frequência e magnitude das oscilações. A extensão do movimento oscilatório determina a amplitude (deslocamento pico a pico, mensurado em milímetros) da vibração. A taxa de repetição dos ciclos de oscilação indica a frequência da vibração (mensurado em Hertz) e a aceleração indica a magnitude do estímulo vibratório (CARDINALE e BOSCO, 2003; RITTWEGGER, 2010).

A transmissão de vibrações para o ser humano provenientes do ambiente acontece em diferentes situações: através de veículos motorizados (por exemplo, carros, caminhões, motocicletas), navios, aeronaves, edifícios e de equipamentos industriais. Quando um indivíduo é exposto a vibrações deste tipo, a sensação que se experimenta varia consideravelmente, como também as características da vibração (JORDAN *et al.*, 2005).

As vibrações podem ser divididas em dois grupos principais: sinusoidais e randômicas. Os exemplos das diferentes formas de onda de um movimento oscilatório são apresentados na Figura 1.

Figura 1. Diferentes formas de onda de um movimento oscilatório



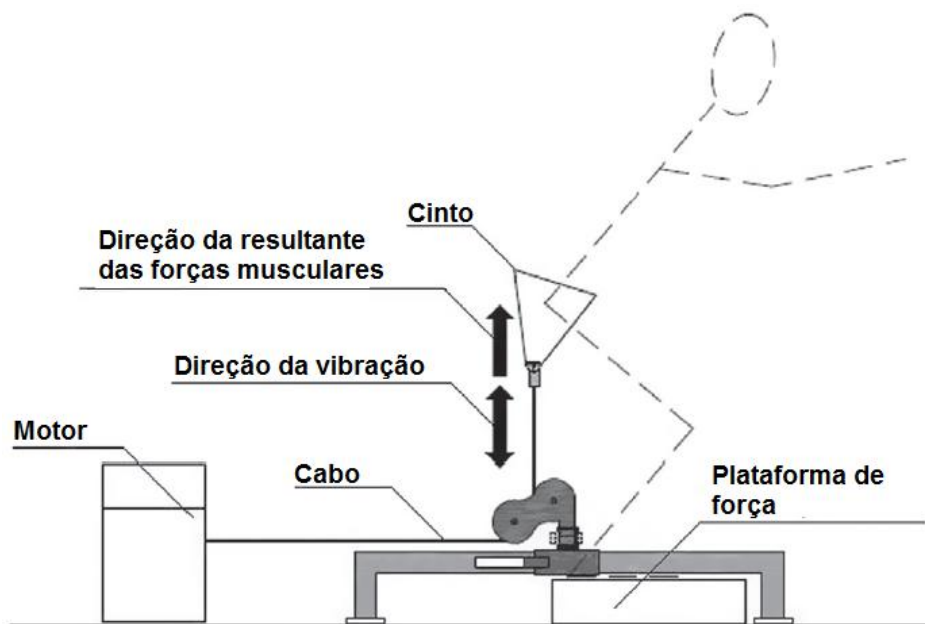
fonte: GRIFFIN, 1996

Tipicamente em situações desportivas, os atletas são submetidos a vibrações de forma randômica (por exemplo, a vibração experimentada por um esquiador alpino durante um evento de *downhill*); em contrapartida, durante o treinamento com vibração de corpo inteiro realizado com as plataformas comerciais, a vibração transmitida ao sujeito resulta ser de forma sinusoidal (Figura 1) (JORDAN *et al.*, 2005).

Existem duas formas principais de aplicação de vibração mecânica: a vibração de corpo inteiro (VCI) e a vibração localizada (VL) (ISSURIN,

LIEBERMANN e TENEBBAUM, 1994). Na VL o estímulo vibratório é aplicado diretamente ao ventre muscular ou ao tendão do músculo a ser treinado, através de uma unidade de vibração que pode ser sustentada manualmente ou ser fixada a um suporte exterior (LUO; MCNAMARA e MORAN, 2005); além disso, o estímulo vibratório localizado pode ser aplicado na direção da resultante das forças musculares, através de um cabo ligado a um motor equipado com eixo excêntrico, que proporciona uma sequência de trações (Figura 2) (COUTO *et al.*, 2012).

Figura 2. Equipamento para aplicação de vibração mecânica localizada



traduzido de COUTO *et al.*, 2012

A VCI constitui um estímulo mecânico que se propaga através dos pés para os músculos esqueléticos do corpo inteiro principalmente nas pernas, tendo em vista que estas últimas são o segmento corporal mais próximo à fonte de vibração (REHN *et al.*, 2007). As plataformas para aplicação de VCI disponíveis no mercado geram vibrações sinusoidais com elevadas frequências e pequenas amplitudes pico a pico, vibrando verticalmente ou lateralmente de maneira alternada; existem também plataformas capazes de produzir vibrações randômicas, as quais são aplicadas através de apoios para os pés separados, que vibram independentemente com frequências entre 1 e 12 Hz (ROGAN, SCHMIDTBLEICHER e RADLINGER, 2014).

Estudos sugeriram que a VCI provoca alterações no comprimento do músculo que estimula os receptores sensoriais, provavelmente os fusos musculares,

provocando o RTV (CARDINALE e BOSCO, 2003). Geralmente, exercícios de agachamento sem cargas externas são realizados em plataformas vibratórias (BULLOCK *et al.*, 2008; COCHRANE, 2013; COCHRANE, CRONIN e FINK, 2015; RONNESTAD e ELLEFSEN, 2011; MOODIE *et al.*, 2015; ROBERTS *et al.*, 2009; KAVANAUGH *et al.*, 2015), como também exercícios com sobrecarga (NACLERIO, 2013).

## 2.2 Corrida de Velocidade

No atletismo, são consideradas corridas de velocidade as provas de 100, 200 e 400 metros rasos, como também as corridas com barreiras de 100, 110 e 400 metros ([www.iaaf.org](http://www.iaaf.org)).

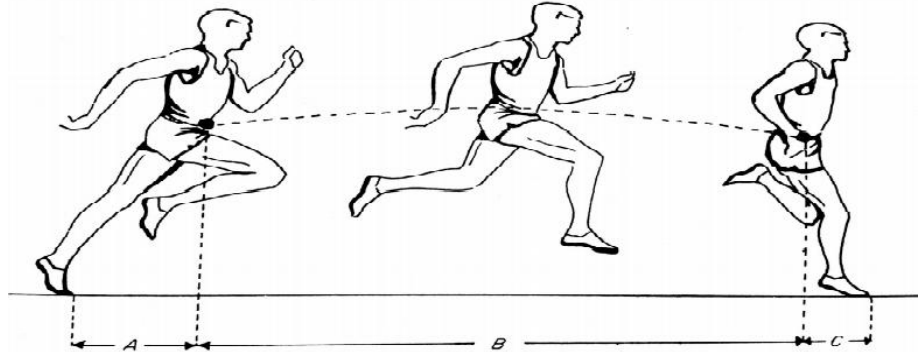
Do ponto de vista biomecânico, a velocidade de corrida é o resultado do produto entre a frequência das passadas (FP) e o comprimento das passadas (CP). FP e CP são parâmetros interdependentes e condicionados individualmente pelos processos de regulação central do movimento, características morfológicas, características fisiológicas, habilidades motoras e fatores energéticos (COH; MILANOVIC e KAMPMILLER, T., 2001). O CP depende, principalmente, do comprimento da perna do atleta e da força desenvolvida pelos extensores do quadril, joelho e tornozelo na fase de contato. Já a FP depende do funcionamento do sistema nervoso central nos níveis cortical e sub-cortical, sendo fortemente influenciada pela genética do indivíduo (MERO, KOMI e GREGOR, 1992).

A frequência das passadas é representada pelo número de passadas que um atleta realiza em um dado tempo. Essa característica é definida pelo tempo despendido para completar uma passada (tempo de passada), que pode ser considerado como a soma do tempo durante o qual o pé do atleta está em contato com o solo (tempo de contato) com o tempo que o pé do atleta gasta no ar (tempo de voo) (HAY, 1985).

O comprimento da passada pode ser considerado como a soma de três distâncias distintas: 1) distância de impulsão, 2) distância de voo e 3) distância de chegada ao solo (Figura 2). A distância de impulsão (Figura 2 A) é a distância horizontal entre o centro de gravidade do atleta e os dedos do pé do mesmo, no instante em que o pé deixa o solo. A distância de voo (Figura 2 B) é a distância percorrida pelo centro de gravidade enquanto está no ar. A distância de chegada ao

solo (Figura 2 C) é a distância horizontal entre os dedos do pé de apoio e o centro de gravidade no instante em que o pé toca o solo (HAY, 1985).

Figura 3. Contribuições para o comprimento total da passada de um corredor.



(HAY, 1985)

O resultado em todas as corridas de velocidade depende da integração de quatro fases distintas: 1) Largada dos blocos (tempo de reação + fase de pressão nos blocos); 2) Fase de aceleração; 3) Fase de velocidade máxima e 4) Fase de desaceleração (ou tentativa de manutenção). Em atletas de elite a fase de aceleração dura em média até os 30-50 m, enquanto a fase de velocidade máxima foi observada entre os 50-60 m (MERO, KOMI e GREGOR, 1992).

Nos últimos quarenta anos, surgiram atletas cada vez mais rápidos, capazes de quebrar o recorde mundial dos 100 metros rasos inúmeras vezes, até chegar ao tempo de 9.58 s do jamaicano Usain Bolt, obtido no Campeonato Mundial de Berlim em 2009. Nessa corrida, Usain Bolt cobriu a distância de 100 metros com apenas 40.92 passos, resultando em um comprimento médio de passos de 2,42 metros e uma frequência média de passos de 4,23 hertz. No trecho de corrida entre 60 e 80 metros atingiu sua velocidade máxima média de 12,34 m/s (KRYSTOF, e MERO, 2013).

Para que o desempenho chegasse nesse altíssimo nível, a ciência por trás do treinamento de velocidade evoluiu exponencialmente junto às publicações sobre o tema. Entretanto, para que os resultados continuem evoluindo torna-se necessário elaborar meios e métodos de treinamento para proporcionar estímulos adicionais sobre as cargas aplicadas nos atletas (HORTOBÁGYI, 2015).

### 2.3 Vibração e corrida de velocidade

As vibrações mecânicas, como ferramenta de treinamento esportivo, começaram a ser utilizadas apenas nas últimas décadas (CARDINALE e BOSCO, 2003, BOSCO, 1999a, BOSCO, 1999b). No treinamento de atletas de alto rendimento a adição de vibração mecânica tem sido cada vez mais utilizada em modalidades nas quais o desempenho depende de gestos que exigem velocidade-força (DELECLUSE, 2005).

Diversos estudos investigaram os efeitos agudos da aplicação das vibrações mecânicas na corrida de velocidade (BULLOCK *et al.*, 2008; COCHRANE, 2013; COCHRANE, LEGG e HOOKER, 2004; COCHRANE, CRONIN e FINK, 2015; RONNESTAD e ELLEFSEN, 2011; GUGGENHEIMER *et al.*, 2009; KAVANAUGH *et al.*, 2015; MOODIE *et al.*, 2015; GERAKAKI *et al.*, 2013; ROBERTS *et al.*, 2009).

Bullock *et al.* (2008) verificaram o efeito da VCI em atletas da modalidade *skeleton*, na qual o atleta, após uma largada explosiva, percorre cerca de 30 m correndo numa posição baixa, empurrando um trenó. Os autores testaram os atletas numa corrida de 30 m, registrando os tempos aos 5, 10, 15, 20, 25 e 30m, salto com contramovimento (SCM) e salto agachado (SA), antes e depois a aplicação de vibração e condição controle (sem vibração). Na condição com vibração, os atletas foram expostos a vibração sinusoidal (3 séries de 30s, com frequência de 30 hz e amplitude de 4mm) na posição agachada somente com peso do corpo. Os resultados não demonstraram diferenças significativas entre as condições controle e vibração.

Similarmente, Cochrane (2013) verificou os efeitos da vibração em tiros curtos (5m) e teste de agilidade, em atletas femininas de *netball*. A atividade preparatória com vibração incluiu 5 séries de 60s em agachamento isométrico com peso do corpo, a frequência de vibração aplicada foi de 26hz com amplitude pico a pico de 6mm. Os resultados demonstraram um pequeno efeito positivo no tiro de 1.5m, enquanto não encontraram diferenças significativas nos tiros de 3m, 5m e teste de agilidade.

Cochrane, Cronin e Fink (2015), testaram o efeito de 4 protocolos de aquecimento diferentes (Com vibração, dinâmico, Neural e Controle) no desempenho em *sprints* de 5m (incluindo parâmetros cinéticos e temporais) em atletas de esportes coletivos (futebol e hockey de campo). Os resultados nos *sprints*

de 1, 2.5 e 5m não demonstraram diferenças significativas entre os diferentes protocolos de aquecimento. Apenas os parâmetros de força vertical média (maior na condição de aquecimento dinâmico) e força horizontal máxima (maior na condição com vibração) apresentaram diferenças significativas entre os diferentes protocolos.

Contrariamente, Rønnestad e Ellefsen (2011) encontraram efeitos positivos da vibração em *sprints* de 40m. Especificadamente, agachamentos com peso do corpo (15 repetições), realizados na plataforma vibratória (50hz de frequência), melhoraram o desempenho de jogadores de futebol amadores no teste de 40m (0.65 %) em comparação com a vibração de 30hz e condição controle (sem vibração).

Outro estudo foi realizado, desta vez, com indivíduos participantes de esporte não competitivo uma vez por semana (COCHRANE; LEGG; e HOOKER, 2004). Os resultados revelaram que não houve efeitos nos testes de SA, SCM, *sprints* de 5, 10 e 20m, e agilidade, após exercícios realizados com adição de vibração mecânica (frequência 26hz e amplitude de 6mm) comparado com a condição controle.

No entanto, uma série de estudos foi realizada com amostras compostas por atletas da modalidade atletismo (GUGGENHEIMER *et al.*, 2009, KAVANAUGH *et al.*, 2015, MOODIE *et al.*, 2015, GERAKAKI *et al.*, 2013, ROBERTS, 2009 )

No estudo de Moodie *et al.*(2015) 10 jovens velocistas foram submetidos a dois tipos de atividades preparatórias, uma incluindo a vibração mecânica que foram 10 séries de 1 minuto em posição estática na plataforma (frequência 26 hz e amplitude 9mm), enquanto a outra tratava-se de aquecimento específico da modalidade (corrida de velocidade). Logo após o aquecimento (2 minutos), os atletas realizaram 4 sprints de 40m no desempenho máximo, nos quais foram registrados os tempos parciais 0-4 m, 5-10 m, 10-20 m, 20-40 m e 5-40 m; além disso a frequência e a amplitude das passadas foram registrados no intervalo 0-4m. Os resultados obtidos não demonstraram diferenças significativas entre os dois protocolos aplicados, portanto os autores sugeriram que o aquecimento com as vibrações mecânicas, dada sua eficiência de tempo e seu custo metabólico baixo, poderia ser utilizado como aquecimento alternativo para modalidades que requerem vários *sprints* durante um único período de competição.



Roberts *et al.* (2009), similarmente ao estudo citado anteriormente, testaram o efeito do aquecimento com adição de vibrações na saída de bloco de 11 atletas velocistas. No protocolo de aquecimento incluindo as vibrações, após o atividade preparatória utilizado pelos atletas, foram aplicados 60 s de vibração (frequência de 26 hz e amplitude de 4mm) com os sujeitos em posição estática (45 graus de flexão do joelho) em cima da plataforma vibratória (Galileo 2000, Orthometrix, White Plains, NY). Em seguida os atletas realizaram uma corrida de 30 m no desempenho máximo, na qual foi registrado o tempo final aos 30m e forças de reação do solo. Os resultados demonstraram um incremento das forças de reação do solo após aquecimento com vibração, comparado com aquecimento sem adição de vibração (controle); enquanto não houve diferenças significativas no tempo de corrida aos 30m.

Em outro trabalho (GUGGENHEIMER *et al.*, 2009) foram comparados os efeitos de duas diferentes atividades preparatórias (vibração e arremesso olímpico) no *Sprint* de 40m, utilizando uma amostra de 14 atletas do atletismo (velocistas, saltadores e lançadores). A atividade preparatória com vibração incluiu 4 séries de *skipping* com joelho alto durante 5s, em cima da plataforma vibratória, com diferentes frequências de vibração (0, 30, 40 e 50hz). No aquecimento com arremessos olímpicos, os atletas realizaram 3 repetições com carga de 90% de 1RM e 1 minuto de descanso entre as repetições. Os resultados obtidos no teste de 40m de corrida não demonstraram diferenças significativas entre as diferentes frequências de vibração aplicadas, incluindo os tempos parciais aos 10 e 20m, apesar de existir uma tendência de melhora aparente na condição com vibração de 30hz, quando comparado com a condição controle. De forma análoga, não houve diferenças significativas no teste de 40m (parciais aos 5 e 10m), entre a atividade preparatória incluindo os arremessos olímpicos comparado com a condição controle. Os autores afirmaram que uma das possíveis limitações do estudo seria a heterogeneidade da amostra, tratando-se de atletas velocistas, saltadores e lançadores. Esses atletas possuem rotinas de treinamento diferentes, principalmente em relação aos treinamentos de *sprints*, fato que poderia ter influenciado os resultados no teste de 40m.

Kavanaugh *et al.* (2015) realizaram um estudo com amostra maior (21 atletas) em comparação com os estudos citados anteriormente (GUGGENHEIMER *et al.*, 2009, MOODIE *et al.*, 2015, , ROBERTS *et al.*, 2009), composta por

saltadores e velocistas de nível nacional. Os atletas realizaram dois protocolos diferentes de atividade preparatória, com vibração (1x30 s a 50 Hz de frequência e 3 mm de amplitude) e controle (sem vibração), em sessões separadas, de maneira aleatória. O teste utilizado para verificar eventuais diferenças entre os protocolos envolveu uma corrida de 45m, na qual os atletas corriam a distância de 15m largando de uma posição estática, completando com 30m de corrida lançada. Os resultados do estudo não demonstraram efeitos significativos do aquecimento com vibração nos tempos obtidos no teste de velocidade (15, 30 lançado e 45m).

Provavelmente, devido à heterogeneidade das amostras, à variedade dos exercícios aplicados e às diferentes magnitudes das vibrações aplicadas, ainda não há consenso sobre os efeitos das vibrações mecânicas na corrida de velocidade.

#### **2.4 Potencialização pós-ativação (PPA)**

A potencialização pós-ativação (PPA) refere-se ao fenômeno no qual as características do desempenho muscular são potencializadas de forma aguda devido a seu histórico contrátil (TILLIN, e BISHOP, 2009).

Normalmente, a PPA é resultado de uma contração muscular voluntária prévia, realizada em intensidade máxima ou perto da máxima, sendo apontados dois principais mecanismos como responsáveis pela PPA. O primeiro é a fosforilação da MRCL (SALE, 2004), o segundo é o recrutamento de unidades motoras maiores (GULLICH e SCHMIDTBLEICHER, 1996).

A fosforilação da Miosina Regulatória de cadeia leve (MRCL) altera a posição das pontes cruzadas, aproximando as cabeças globulares da miosina aos sítios de ligação da actina. Essa aproximação aumenta as chances de interação, o que poderia resultar em maior quantidade de conexões entre as proteínas contráteis e, conseqüentemente, um aumento do desenvolvimento de tensão (SALE, 2002).

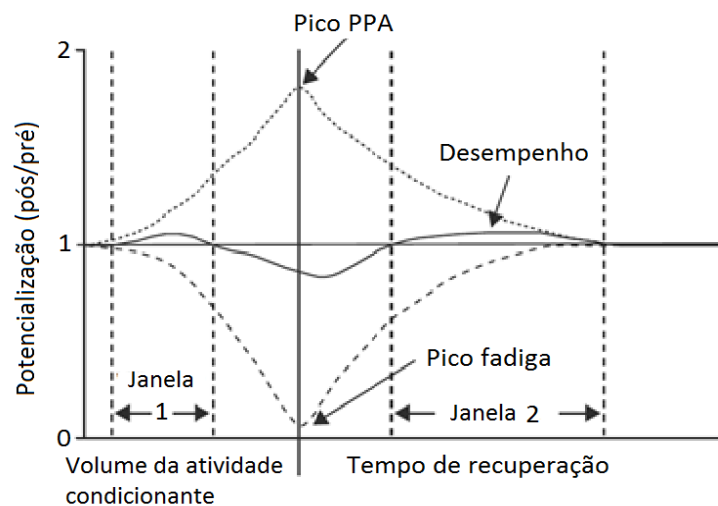
Além disso, quando o cálcio se liga à calmodulina, formando o complexo cálcio/calmodulina, tem a função de ativar a quinase da MRCL. O aumento de cálcio no citoplasma poderia contribuir para uma maior interação entre as proteínas contráteis, como consequência da maior exposição dos sítios ativos. As contrações prévias como atividade condicionante, poderiam aumentar a ativação desses

mecanismos por liberar uma maior quantidade de cálcio no retículo sarcoplasmático (SALE, 2002, TILLIN, e BISHOP, 2009).

Quanto aos fatores neurais, pesquisas em animais revelaram que contrações isométricas tetânicas induzidas elevam a transmissibilidade dos potenciais de excitação através junções sinápticas na medula espinhal. Esse estado pode permanecer durante vários minutos após a contração tetânica. Como resultado, há um aumento nos potenciais pós-sinápticos para o mesmo potencial pré-sináptico durante a atividade subsequente (GOSSARD, 1994, LUSCHER, 1983, *apud* TILLIN e BISHOP, 2009). Se os efeitos da potencialização pós-tetânica (PPT) podem ser desencadeados pelas contrações voluntárias máximas em seres humanos, isto levaria a ganhos na ativação neuromuscular voluntária (GULLICH e SCHMIDTBLEICHER, 1996).

A eficácia pela qual uma atividade condicionante pode estimular os mecanismos de PPA depende do equilíbrio entre fadiga e potencialização (Figura 4) (TILLIN E BISHOP, 2009).

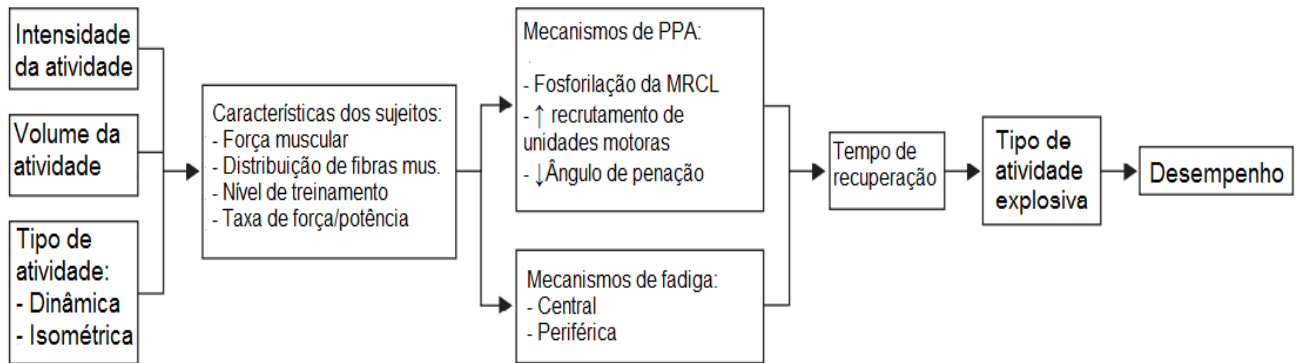
Figura 4. Potencialização pós-ativação e fadiga



traduzido de TILLIN, e BISHOP, 2009

Esse equilíbrio depende de fatores distintos como intensidade, volume e tipo de atividade condicionante (dinâmica ou isométrica), das características dos atletas (força muscular, distribuição de fibras rápidas, etc.) e do nível de treinamento dos mesmos (Figura 5).

Figura 5. Os fatores complexos que influenciam o desempenho de uma atividade explosiva voluntária após uma contração condicionante (Atividade). PPA: potencialização pós-ativação; MRCL: miosina regulatória de cadeia leve.



traduzido de TILLIN; e BISHOP, 2009

As atividades condicionantes normalmente utilizadas para PPA são exercícios dinâmicos, como agachamentos (LIM, e, KONG, 2013, NACLERIO, 2013, CHATZOPOULOS, 2007, YETTER, e MOIR, 2008, RAHIMI, 2007), agachamentos com saltos (VANDERKA, 2015, FRENCH, KRAEMER, e COOKE, 2003), bem como ações isométricas máximas e submáximas (GULLICH, e SCMHIDTBLEICHER, 1996, FRENCH, KRAEMER, e COOKE, 2003, LIM, e KONG, 2013).

O grau de excitação neural atingido após as atividades pre condicionantes com cargas pesadas, seria maior nas fibras musculares rápidas de tipo II. Essas fibras de contração rápida sofreriam uma maior fosforilação de MRCL em resposta à atividade condicionante (SWEENEY, BOWMAN e STULL, 1993 *apud* FRENCH, KRAEMER, e, COOKE, 2003).

#### 2.4.1 PPA e corrida de velocidade

Diversos estudos verificaram os efeitos agudos de diferentes atividades condicionantes no desempenho em testes de velocidade (CHATZOPOULOS, 2007, LIM, e, KONG, 2013, NACLERIO, 2013, RAHIMI, 2007, VANDERKA, 2015, YETTER, e, MOIR, 2008, FRENCH, KRAEMER, e, COOKE, 2003, ).

Chatzopoulos *et al.* (2007) verificaram os efeitos de agachamentos realizados com carga elevada (90% de 1RM) na velocidade de corrida em 15 jogadores de esportes coletivos (basquete, voleibol, handebol e futebol). Na tabela 1 é representada uma sessão de teste do estudo com a sequência das atividades realizadas.

Tabela 1. Sequência de atividades durante uma sessão

Primeiro passo	Segundo passo	Terceiro passo	Quarto passo	Quinto passo	Sexto passo
Aquecimento para velocidade	Teste velocidade de corrida (30m)	Aquecimento para atividade resistida (agachamentos)	Agachamentos (10X90% de 1RM)	Descanso (3 ou 5 min.)	Teste velocidade de corrida (30m)

Fonte: adaptado de CHATZOPOULOS, 2007

Os resultados do estudo demonstraram que houve um incremento na velocidade de corrida tanto nos 10m, quanto nos 30 metros. Essas melhoras foram encontradas quando o descanso aplicado após a atividade condicionante era de 5 minutos.

Similarmente, o estudo de Rahimi (2007) comparou os efeitos da realização de agachamentos com diferentes cargas, respectivamente 60, 70 e 85% de 1RM, na velocidade de corrida (teste de 40m) em 20 jogadores de futebol. O protocolo de PPA envolveu 2 séries de 4 repetições de agachamentos com carga de 60, 70 ou 85% de 1RM, com dois minutos de descanso entre as séries. Os resultados obtidos revelaram que o maior ganho na velocidade de corrida ocorreu após a realização de agachamentos com carga de 85% de 1 RM (2.98%) em comparação com a condição controle (sem agachamentos prévios). Vale ressaltar que também os agachamentos com cargas menores (60 e 70%) provocaram ganhos na velocidade de corrida, porém em medida menor (respectivamente 1.09% e 1.77%).

Vanderka *et al.* (2015), verificaram os efeitos de SA na velocidade de corrida em 12 jovens atletas praticantes de atletismo (velocistas, lançadores, saltadores e meiofundistas) e também em 13 jovens jogadores de futebol. A atividade condicionante utilizada consistiu em SA (2 séries de 6 repetições) com sobrecarga, a qual foi individualizada para cada atleta em uma sessão separada, com base no pico de potência produzida durante o SA. O teste aplicado para comparar os efeitos da atividade condicionante com a condição controle foi uma corrida de 40 m no desempenho máximo, na qual foram registrados os tempos parciais 0-20m, 20-40m e final aos 40m. Os resultados demonstraram uma redução no tempo parcial aos 20m ( $1.5 \pm 0.8$  %), somente no grupo de atletas da modalidade atletismo.

Lim e Kong (2013) compararam os efeitos de 3 diferentes protocolos de PPA na velocidade de corrida (10, 20 e 30m) em 12 atletas velocistas, cujas características estão apresentadas na tabela 2.

Tabela 2. Antropometria e melhores resultados

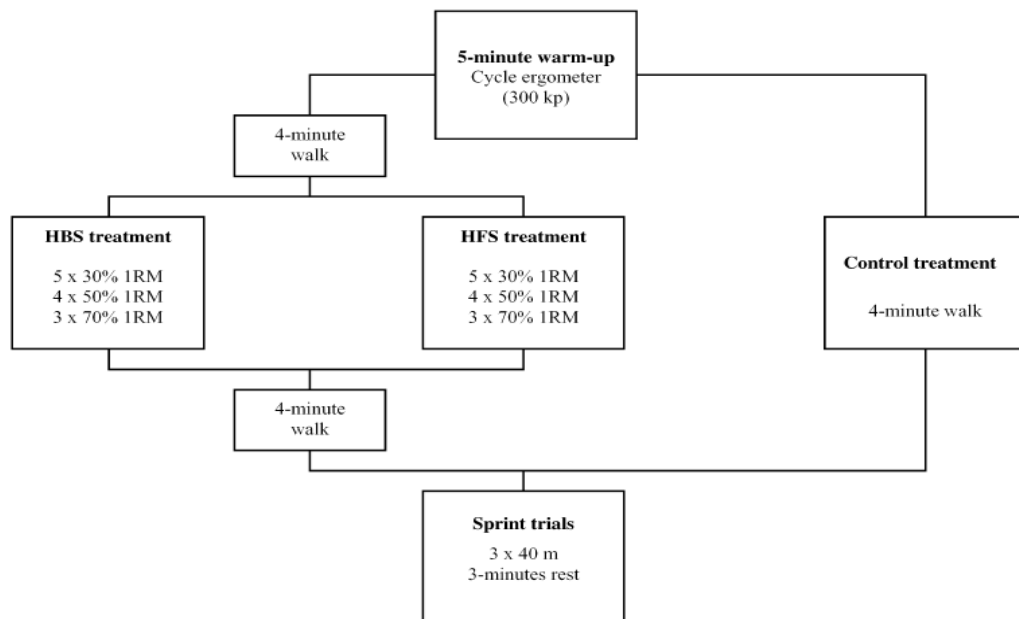
Subjects	Age (yrs)	Height (cm)	Body mass (kg)	100 m (sec)	200 m (sec)	400 m (sec)
1	21.4	175.5	64.5	10.70	21.86	
2	25.1	171.0	64.1	10.62	21.74	
3	20.3	170.3	63.8	10.78	22.04	
4	19.7	185.5	78.2			53.59
5	22.6	169.5	74.5	10.90		
6	29.5	175.5	69.8			48.70
7	20.2	172.5	70.7		22.34	49.10
8	19.5	174.5	61.2	11.30	23.27	
9	18.8	180.4	66.9		22.05	47.97
10	25.2	171.1	64.1	10.73	22.23	
11	24.8	175.5	71.5	10.97	21.53	
12	21.7	173.5	62.0	11.41	23.76	
Mean	22.4	174.6	67.6	10.93	22.31	49.84
SD	3.2	4.6	5.3	0.29	0.73	2.54

Fonte: adaptado de LIM e KONG, 2013

Os protocolos de PPA utilizados pelos autores incluíram um exercício isométrico monoarticular (extensão isométrica de joelho em 3 séries de 3s), um exercício isométrico multiarticular (agachamento isométrico em 3 séries de 3s) e um exercício dinâmico multiarticular (agachamento dinâmico em 3 séries de 3 repetições a 90% de 1RM). Após cada protocolo, os atletas tiveram 4 minutos de descanso antes de realizar uma corrida de 30m no desempenho máximo, na qual foram registrados os tempos aos 10, 20 e 30m. A análise dos resultados não demonstrou diferenças significativas entre os protocolos, porém, os autores afirmaram que houve uma grande variabilidade de resposta entre os atletas, com alguns que se beneficiaram dos efeitos da PPA e outros não.

Yetter e Moir (2008) aplicaram dois diferentes protocolos de PPA envolvendo agachamentos, em 10 indivíduos treinados em força. O desenho experimental do estudo é representado na figura 6. Os resultados no teste de 40 m de corrida demonstraram diferenças significativas na velocidade média de corrida nos parciais 10-20m e 30-40m, proporcionadas pelos agachamentos convencionais, em comparação com a condição controle (sem agachamentos prévios) e agachamentos frontais.

Figura 6. Desenho experimental do estudo. HBS: agachamento convencional; HFS: agachamento frontal; 1RM: uma repetição máxima

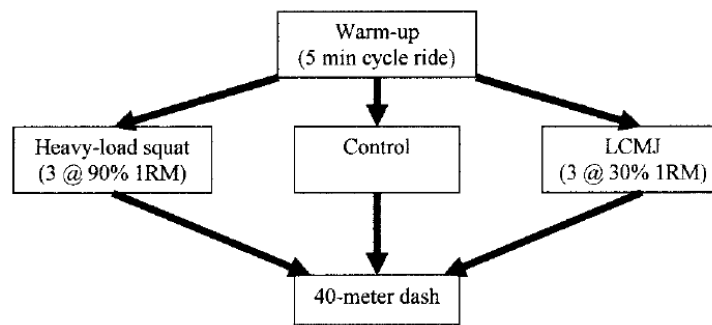


Fonte: YETTER e MOIR, 2008

O estudo de Linder *et al.* (2010) verificou o efeito de um protocolo de PPA (4RM de agachamento) no desempenho em uma corrida de 100m. Os voluntários da pesquisa foram 12 alunas universitárias envolvidas em treinamento de força. As alunas passaram por duas sessões experimentais: na primeira, que representou a condição controle, realizaram 4 minutos de aquecimento padronizado seguido por 4 minutos de descanso ativo, logo após realizaram uma corrida de 100m no desempenho máximo, finalizando com mais 4 minutos de descanso ativo e uma segunda corrida de 100m. Na segunda sessão, que representou a condição experimental, foram realizados os mesmos procedimentos, porém, antes da segunda corrida de 100m, as alunas realizaram uma série de 4RM de agachamentos como atividade preparatória, seguida de 9 minutos de descanso ativo. Os resultados demonstraram uma melhora de 0.19s quando a corrida de 100 m foi precedida por uma série de 4RM de agachamento. Os autores, com base nesses resultados, recomendaram o uso de protocolos de PPA, realizados 8-12 minutos antes da competição, tanto em atletas amadores quanto em profissionais.

Outra pesquisa (MCBRIDE, NIMPHIUS, e ERICKSON,2005), comparou os efeitos de 2 protocolos de PPA na velocidade de corrida em 15 jogadores de futebol americano. Na figura 7 está representado o desenho experimental do estudo.

Figura 7. Desenho Experimental. LCMJ: salto com contramovimento com sobrecarga



. Fonte: MC BRIDE, NIMPHIUS, e ERICKSON, 2005

Os protocolos de PPA utilizados foram agachamentos (3 repetições com 90% de 1RM) e salto com contramovimento com sobrecarga (3 saltos com 30% de 1RM). Antes de cada protocolo, os atletas realizaram uma atividade preparatória de 5 minutos em cicloergômetro (cadência de 70 rpm), seguido por uma caminhada para recuperação ativa, na qual foi proibida a realização de exercícios de aquecimento dinâmicos e estáticos. O teste para comparação dos efeitos dos diferentes protocolos de PPA foi uma corrida máxima de 40m (com parciais aos 10 e 30m). A única diferença significativa resultou entre as condições agachamento e controle no tempo aos 40 m, enquanto não houve diferenças significativas nos outros parciais (10 e 30m).

Ao contrário, o estudo de Comyns *et al.* (2010), realizado com 11 jogadores profissionais de rugby, não demonstrou melhoras na velocidade de corrida desempenhada pelos atletas no teste de 30m, após aplicar um protocolo de PPA composto por uma série de 3 RM de agachamento. Além disso, os autores relataram uma grande variação intra e intersujeitos na técnica de corrida, fato que poderia ter influenciado os resultados.

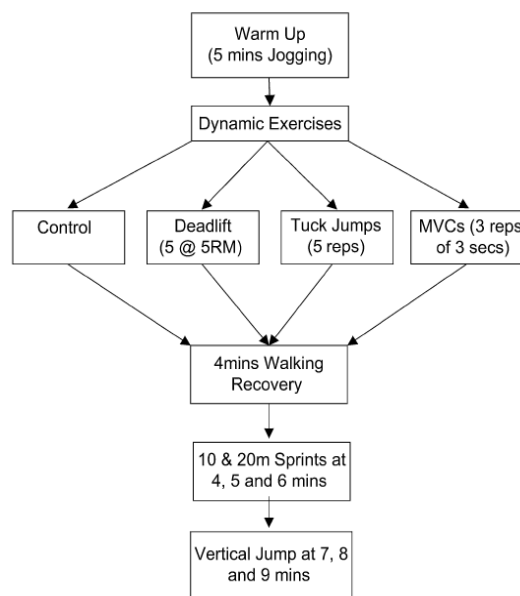
Outro estudo (BEVAN *et al.*, 2010), também realizado com jogadores profissionais de rugby (n=16), verificou os efeitos de uma série de 3 repetições de agachamento (91% de 1RM) sobre a velocidade de corrida em um *sprint* de 10m (parcial aos 5m). Durante as sessões experimentais, os atletas, após um aquecimento padronizado, realizaram um *sprint* de 10m no desempenho máximo, seguido por 20 minutos de descanso; sucessivamente realizaram a atividade pré-condicionante (3 repetições de agachamento com 91% de 1RM) seguida por mais 4 corridas, separadas por intervalos de 4 minutos (após 4, 8, 12 e 16 minutos). As



respostas individuais dos atletas demonstraram um incremento no desempenho tanto nos 5m, quanto nos 10m em todos os *sprints* pós-atividade preparatória. Além disso, em relação aos 5m, 47% dos sujeitos realizaram o seu melhor sprint após 8 minutos da pré-ativação, 27% aos 12 minutos e 13% aos 4 e 16 minutos. Resultados parecidos foram encontrados também em relação aos 10m, a maioria dos sujeitos obtiveram seus melhores tempos após 8 minutos (53.3%), com o restante dos indivíduos distribuído uniformemente entre os outros intervalos (4,12 e 16 minutos).

No estudo de Till e Cooke (2009), foram avaliados os efeitos da PPA no desempenho em *sprints* e saltos verticais em jogadores profissionais de futebol (n=12). As atividades condicionantes utilizadas incluíram ações musculares dinâmicas e isométricas. Os sujeitos participaram de 4 sessões experimentais, nas quais a ordem de aplicação dos protocolos condicionantes foi aleatória. Os protocolos envolveram um exercício de salto (5 saltos agrupados), um exercício de força (5 RM de levantamento terra) e um exercício isométrico (3 séries de 3s de extensão de joelho para cada perna). O teste utilizado para comparações dos diferentes protocolos foi uma corrida de 20 m, na qual foram registrados os tempos aos 10 e 20 m, realizada 4, 5 e 6 minutos após o estímulo de PPA. Além disso, após a realização das corridas, os atletas realizaram também 3 SCM (7, 8 e 9 minutos após o protocolo de PPA). O desenho experimental do estudo está representado na figura 8.

Figura 8. Desenho experimental



Fonte: TILL e COOKE, 2009

A análise dos resultados revelou que não houve diferenças entre os protocolos de PPA aplicados comparado com a condição controle. Também não houve diferença de resposta no desempenho entre os sujeitos mais fortes comparado com os mais fracos, mas houve uma grande variação de resposta individual dos sujeitos.

Nos estudos realizados com atletas de modalidades coletivas, devido à especificidade das diferentes modalidades, os voluntários não possuem uma técnica consolidada para a corrida de velocidade, o que poderia ter influenciado os resultados obtidos. Além disso, nenhum estudo verificou os efeitos de protocolos de PPA no comprimento e na frequência dos passos durante as corridas.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 Cuidados Éticos**

A presente pesquisa foi submetida e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), sob o número 50706015.9.0000.5149 e respeitou todas as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional da Saúde (Res. 466/12) envolvendo pesquisas com seres humanos. Foi obtido, de cada voluntário, um termo de consentimento livre e esclarecido - TCLE (ANEXO 1), para a participação no estudo. Para os voluntários menores de idade, o referido TCLE foi assinado pelos pais. Além disso, foram obtidas duas cartas de anuência, tanto do Centro de Treinamento Esportivo da Universidade Federal de Minas Gerais (CTE-UFMG), quanto do Laboratório de Avaliação da Carga (LAC) da UFMG, concordando com todos os procedimentos.

#### **3.2 Amostra**

A amostra de conveniência foi selecionada, de maneira não-probabilística, entre jovens atletas velocistas do CTE-UFMG. Inicialmente foram selecionados 10 atletas para participar do estudo, entretanto houve uma perda amostral de 2 atletas devido a lesões durante os treinamentos, resultando em uma amostra final composta por 8 atletas velocistas do sexo masculino, idade  $20,23 \pm 2,46$  anos, massa corporal  $69,9 \pm 4,2$  kg e estatura  $1,77 \pm 0,05$  m. Os atletas do presente estudo participam regularmente de competições estaduais e nacionais, dentre eles incluem-se 3 finalistas em campeonatos brasileiros e um campeão brasileiro das respectivas categorias; todos possuem no mínimo 2 anos de experiência em treinamentos de velocidade e não apresentaram histórico de lesões músculo-tendíneas nas temporadas competitivas dos anos 2015 e 2016 até o começo do estudo. Os melhores resultados desses atletas estão ilustrados na Tabela 3.

Tabela 3. Melhores resultados dos atletas da amostra

Atleta	100 m (s)	200m (s)	400m (s)
1	10.94	22.18	50.96
2	11.61	23.52	50.39
3	11.49	23.55	-
4	10.91	22.78	-
5	10.85	21.80	49.30
6	11.20	22.22	48.90
7	10.75	22.42	49.78
8	11.35	22.89	51.05
Média	11.14	22.67	50.03
DP	0.32	0.74	1.05

### 3.3 Procedimentos experimentais

#### 3.3.1 Familiarização e antropometria

Inicialmente, os atletas foram familiarizados às vibrações mecânicas, as quais foram aplicadas antes da sessão de treinamento, durante três dias não consecutivos. Nessa familiarização, os atletas foram submetidos a três séries de 30 s de VCI, em posição de semi agachamento, com ângulo do joelho entre 110 e 120 graus; a frequência de vibração foi aumentada de maneira progressiva durante as séries até chegar à frequência utilizada no presente estudo (26 Hz).

Em outra sessão, foram coletadas medidas antropométricas de massa corporal e estatura dos atletas. A massa corporal (kg) foi medida com os voluntários vestindo somente uma bermuda térmica, padronizada para todos os atletas, utilizando-se uma balança digital (Marca Welmy RI W 200, classe de exatidão III). A estatura (cm) foi medida com os atletas descalços, apenas utilizando meias, em um estadiômetro com precisão de 0,5 cm (Marca Welmy RI W 200, classe de exatidão III).

Em seguida, os atletas realizaram a atividade preparatória (aquecimento normalmente utilizado em sessões de treinamento) que foi utilizado, sucessivamente, nas sessões experimentais.

A atividade preparatória iniciou com cinco minutos de corrida em baixa intensidade (auto selecionada pelo atleta), seguidos de alongamentos dinâmicos,

que incluíram um exercício para cada grupo muscular dos membros inferiores (isquiotibiais, quadríceps e panturrilha), realizados em 2 séries de 10 repetições cada perna. Os participantes, então, realizaram 4 exercícios técnicos de corrida (*skipping* baixo, *skipping* alto, “joelho estendido” e “bicicleta”), duas repetições para cada exercício na distância de 20 m. Finalmente, realizaram 3 tiros de 30 m em intensidade submáxima (auto selecionada pelo atleta), separados por 2 minutos de descanso, seguidos por 3 minutos de descanso ativo antes da realização do teste máximo de velocidade (adaptado de WHELAN, O'REGAN, e, HARRISON, 2014).

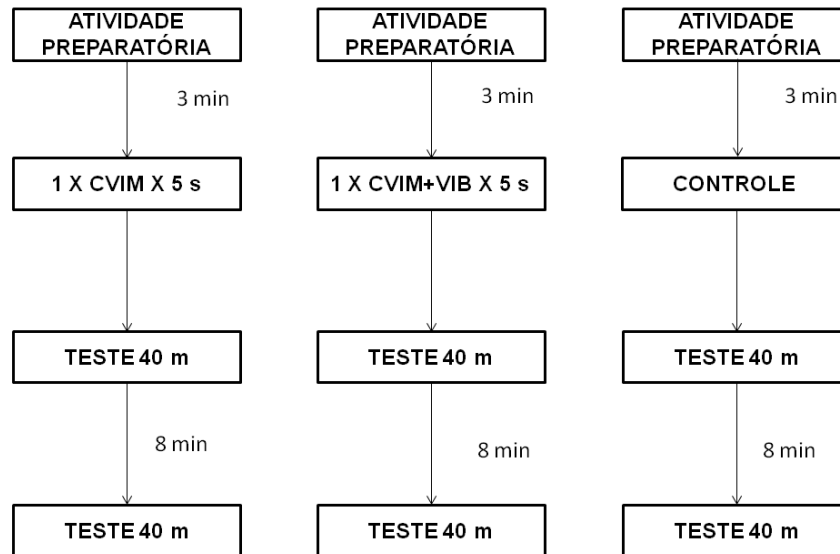
Em seguida realizaram três CVIMs separadas por 5 minutos de intervalo entre as contrações. Nesta ocasião foram realizados os ajustes individuais no equipamento, para que o ângulo dos joelhos durante as CVIMs permanecesse entre 110 e 120 graus, esse ângulo foi mensurado no início da contração através de goniômetro manual universal (Carci Ltda, São Paulo, Brasil).

Além disso, receberam informações sobre todas as variáveis de desempenho exigidas nas diferentes condições experimentais.

### **3.3.2 Sessões experimentais**

Após uma semana da sessão de familiarização iniciaram os procedimentos experimentais, que consistiram em 3 sessões não consecutivas, separadas por no mínimo 48 horas de intervalo, que foram realizadas durante um período de duas semanas, durante a fase pré-competitiva da temporada. Os atletas foram submetidos a uma condição experimental por sessão (Figura 9), as três condições experimentais (Controle, Contração voluntária isométrica máxima (CVIM) e CVIM com adição de vibração mecânica) foram aplicadas de forma aleatória, para eliminar qualquer efeito relacionado à ordem de aplicação. Todos os testes foram realizados na mesma hora do dia (a partir das 15:00 h), em piso sintético (Mondotrack, modelo Sportflex Super X) que possui certificado de nível 1 emitido pela IAAF (Federação internacional de atletismo). Além disso, os atletas utilizaram os mesmos calçados (Tênis e sapatilhas específicas para corridas de velocidade) padronizados durante toda a pesquisa.

Figura 9. Desenho do estudo

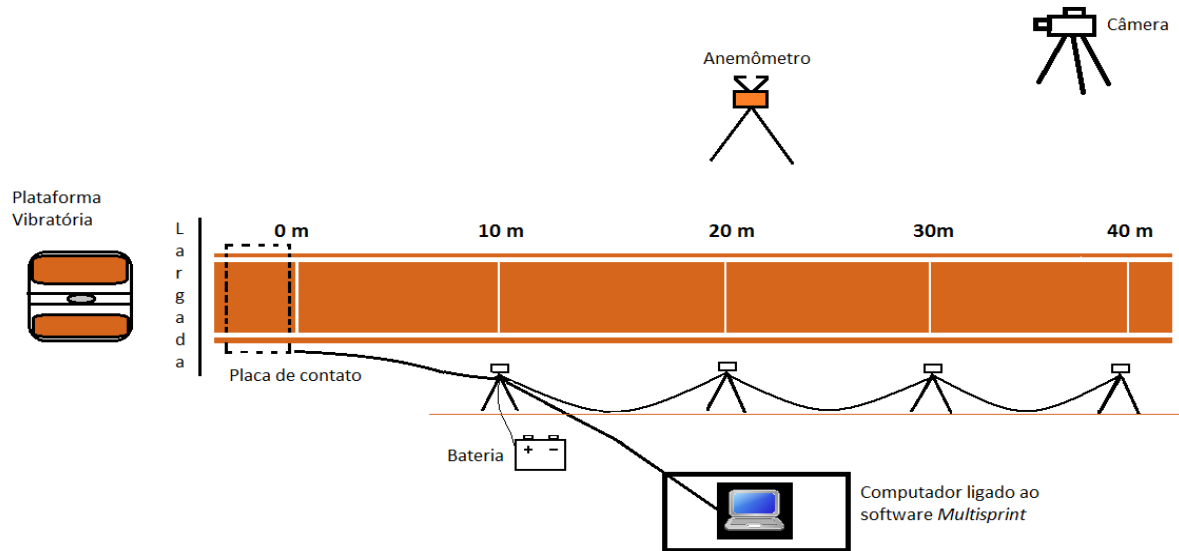


Fonte: elaborado pelo próprio autor

### 3.3.3 Controle

Na condição controle, após a atividade preparatória, os atletas foram submetidos a um teste de velocidade, no qual correram a distância de 40 metros no desempenho máximo 2 vezes, separadas por 8 minutos de descanso ativo, no qual os atletas permaneceram sentados por 5 minutos e caminharam durante os 3 minutos restantes. O tempo nos testes de velocidade foi mensurado por meio de um sistema de fotocélulas (*kit multisprint*, Hidrofit Ltda Brasil) ligadas ao software *MultiSprint Full* (Hidrofit Ltda Brasil), incluindo os tempos parciais aos 10, 20, 30 m e o tempo final aos 40 m. Os atletas iniciaram as corridas na posição clássica de três apoios, atrás de uma linha demarcada pelos pesquisadores (1,15 m antes do começo dos 40 m), logo após a linha de partida foi posicionada uma placa de contato (Hidrofit Ltda, Brasil) revestida com borracha sintética, a qual disparava o cronômetro ao primeiro contato do atleta no solo. Além disso, foi mensurada em cada teste a velocidade do vento em m/s, utilizando um anemômetro da marca *Gill Athletics* com precisão de 0.01 m/s. Todas as corridas foram filmadas para sucessiva análise, utilizando uma videocâmera (Sony HDR-XR150) com frequência de aquisição de 60 frames por segundo (Figura 10).

Figura 10. Sistema para a avaliação da corrida de 40 m em velocidade máxima



Fonte: elaborado pelo próprio autor

Para cada uma das corridas de 40 m foi calculado o número total de passadas, frequência média de passadas ( $FP_{média}$ ) em Hertz (Hz) e amplitude média de passadas ( $AP_{média}$ ) em metros (m). O número total de passadas realizadas pelos atletas durante os 40m, foi obtido contando cada um dos passos a partir de visualização em câmera lenta no programa Avidemux (versão 2.6) instalado em ambiente Windows. Os valores médios de FP e AP foram calculados respectivamente dividindo a distância de 40 m pelo número total de passos (calculado pela equação 1) e dividindo o número total de passos pelo tempo (t) obtido no teste de 40m (calculado pela equação 2).

$$AP_{média} = \frac{40}{\text{número de passadas}} [m] \quad (1)$$

$$FP_{média} = \frac{\text{número de passadas}}{\text{tempo}} [Hz] \quad (2)$$

### 3.3.4 Contração voluntária isométrica máxima (CVIM)

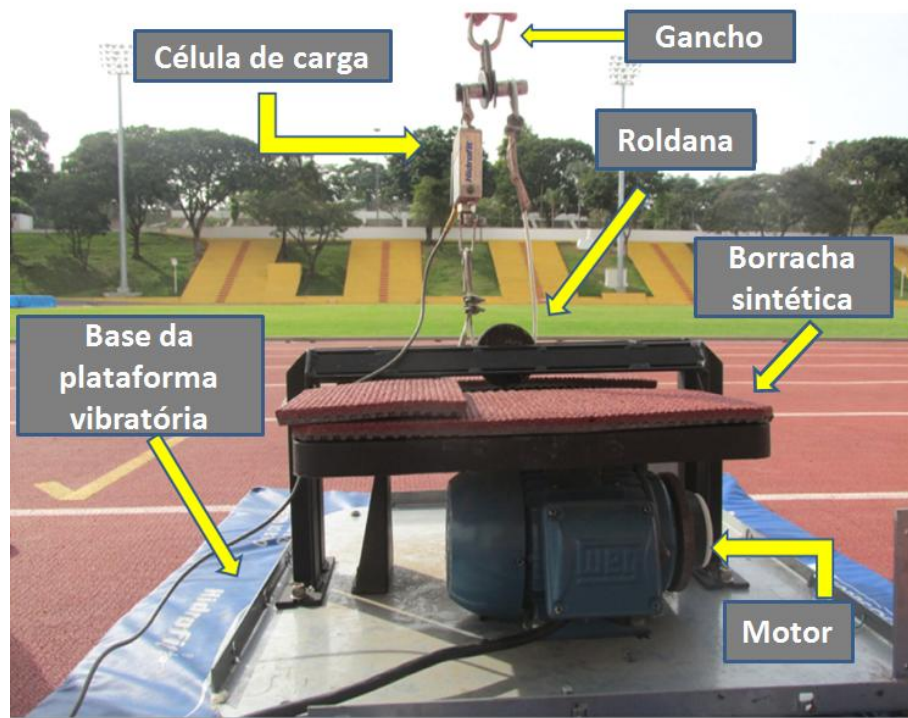
Na condição experimental CVIM, após a atividade preparatória, os atletas realizaram uma CVIM dos MMII com 5 s de duração, a ação isométrica foi realizada com as mãos na cintura, os pés paralelos e com ângulo dos joelhos entre 110 e 120 graus. O equipamento utilizado para a contração isométrica foi um cinto composto por duas alças unidas em um gancho na extremidade inferior (Figura 11); este último foi conectado a uma célula de carga (*JBA, Zb Staniak, Polônia*) presa através de um cabo de aço em uma roldana embutida em uma estrutura de ferro fixada na base da plataforma vibratória (Figura 11).

Figura 11. Cinto para CVIM





Figura 12. Célula de carga conectada a roldana



A célula de carga transmitiu os sinais para um amplificador (WTM 005 – 2T/2P, *Jaroslav Doliriski Systemy Mikroprocesorowe*, Polônia) conectado a um computador em interface com o programa *MAX* (versão 5.5, *JBA, Zb Staniak*, Polônia), o qual permitiu o registro e a visualização pelos pesquisadores da curva da força em função do tempo (Figura 12) durante a contração isométrica. Imediatamente após a CVIM dos MMII, foi mensurado o tempo dos atletas na corrida de 40m. Sucessivamente, após 8 minutos de descanso ativo, foi mensurado novamente o tempo obtido nos 40 m.

### 3.3.5 CVIM com adição de vibração mecânica

Na condição experimental CVIM com adição de vibração mecânica, após a atividade preparatória, os voluntários realizaram uma CVIM dos MMII com adição de vibração mecânica. O estímulo vibratório foi aplicado durante 5 s a partir do momento em que os voluntários atingiram um platô de força durante a ação isométrica, que foi visualizado pelos pesquisadores no monitor do computador (Figura 13). Para a aplicação da vibração mecânica foi utilizada uma plataforma vibratória oscilatória modelo PT 004 Profissional (marca Planet for Fitness). O motor original dessa plataforma foi substituído por um motor com 2 CV de potência (marca WEG, modelo W22 Plus). Além disso, a superfície de apoio da plataforma foi

revestida com piso sintético (mesmo da pista de testes) para que os atletas pudessem subir na plataforma com os calçados específicos (Figuras 12 e 14).

A vibração mecânica com frequência de 26 Hz foi aplicada e controlada por meio de um inversor de frequência da marca WEG, série CFW-10, enquanto a amplitude pico a pico da vibração foi de 6 mm. Imediatamente após a CVIM dos membros inferiores com adição de vibração mecânica, foi mensurado o desempenho na corrida de 40 metros e, sucessivamente, após 8 minutos de descanso ativo.

Figura 13. Exemplo de curva força (N) em função do tempo (s) da ação isométrica, com aplicação de vibração mecânica

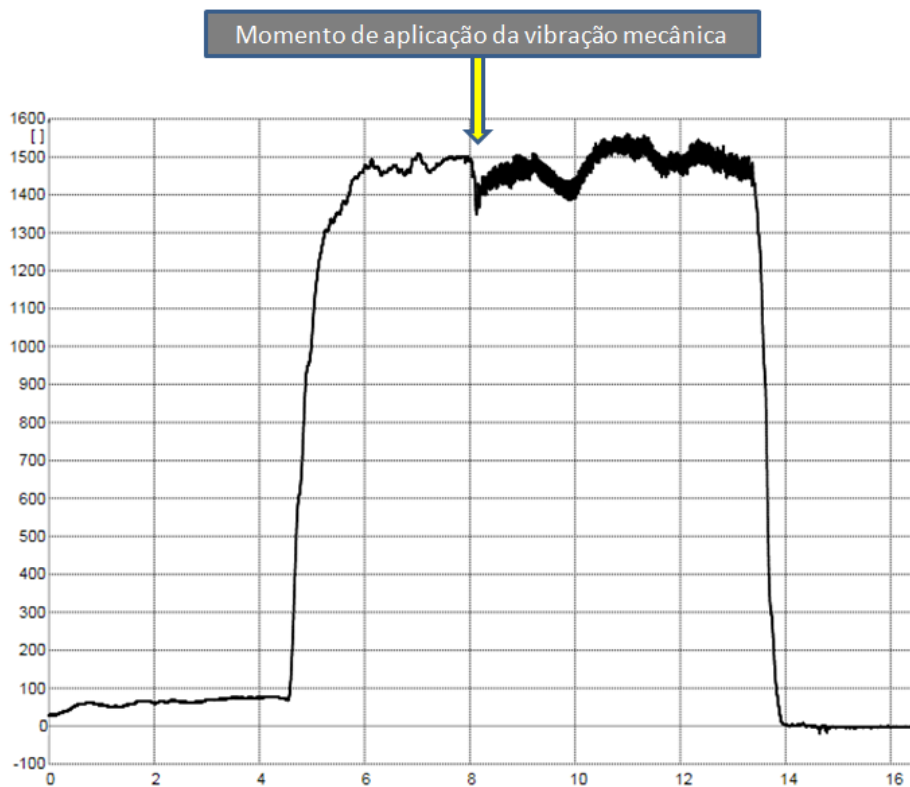


Figura 14. Equipamentos para a realização da CVIM com adição de vibração mecânica



#### **4 ANÁLISE ESTATÍSTICA**

Os dados são apresentados como média e desvio padrão. Os pressupostos de normalidade e esfericidade dos dados foram verificados por meio de teste de Shapiro-Wilks e teste de Bartlett, respectivamente. Como os pressupostos foram atendidos, em seguida foi realizada uma Análise de Variância (ANOVA) com medidas repetidas de um fator, já que todos os indivíduos foram submetidos às três condições experimentais. Se o resultado da ANOVA fosse significativo, o post-hoc de Tukey seria utilizado. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SPSS 20.0 para *Windows*, com nível de significância de 0,05.

## 5 RESULTADOS

A análise dos resultados não demonstrou diferenças significativas na velocidade do vento registrada durante as corridas, entre as diferentes condições experimentais ( $p > 0,05$ ). Nos tempos parciais aos 10 e 20 m (Tabelas 4 e 5) não houve diferença significativa entre as condições experimentais ( $p > 0,05$ ). No tempo parcial aos 30 m (Tabela 6), houve diferença significativa entre as condições CVIM 0 min ( $3.94 \pm 0.12$  s) e CVIM+VIB 8 min ( $3.85 \pm 0.13$  s;  $p = 0,039$ ) (Tabela 6). No tempo final aos 40m (Tabela 7) a análise demonstrou diferença estatisticamente significativa entre as condições CVIM 0 min ( $5.01 \pm 0.18$  s) e CVIM 8 min ( $4.91 \pm 0,16$  s;  $p=0,026$ ) e entre as condições CVIM 0 min ( $5.01 \pm 0.17$  s) e CVIM+VIB 8 min ( $4.89 \pm 0,17$  s;  $p= 0,017$ ).

Tabela 4. Média dos tempos de 0 a 10 m nas diferentes condições experimentais

<b>Condição</b>	<b>Tempo 0-10m (s)</b>
Controle 0 min.	$1,58 \pm 0,06$
CVIM 0 min.	$1,64 \pm 0,06$
CVIM+Vibração 0 min.	$1,62 \pm 0,07$
Controle 8 min.	$1,62 \pm 0,07$
CVIM 8 min.	$1,62 \pm 0,05$
CVIM+Vibração 8 min.	$1,62 \pm 0,06$

Tabela 5. Média dos tempos de 0 a 20 m nas diferentes condições experimentais

<b>Condição</b>	<b>Tempo 0-20m (s)</b>
Controle 0 min.	$2,76 \pm 0,08$
CVIM 0 min.	$2,83 \pm 0,10$
CVIM+Vibração 0 min.	$2,82 \pm 0,13$
Controle 8 min.	$2,78 \pm 0,10$
CVIM 8 min.	$2,79 \pm 0,09$
CVIM+Vibração 8 min.	$2,78 \pm 0,10$

Tabela 6. Média dos tempos de 0 a 30 m nas diferentes condições experimentais

\* Diferença significativa com a condição CVIM+Vibração 8 min. ( $p = 0,039$ ).

<b>Condição</b>	<b>Tempo 0-30m (s)</b>
Controle 0 min.	$3,82 \pm 0,11$
CVIM 0 min.	$3,94 \pm 0,12$ *
CVIM+Vibração 0 min.	$3,91 \pm 0,16$
Controle 8 min.	$3,85 \pm 0,14$
CVIM 8 min.	$3,86 \pm 0,13$
CVIM+Vibração 8 min.	$3,85 \pm 0,14$

Tabela 7. Média dos tempos de 0 a 40 m nas diferentes condições experimentais

\* Diferença significativa com a condição CVIM 8 min. ( $p=0,026$ ).# Diferença significativa com a condição CVIM+Vibração 8 min. ( $p= 0,017$ ).

<b>Condição</b>	<b>Tempo 0-40m (s)</b>
Controle 0 min.	4,86 ± 0,11
CVIM 0 min.	5,01 ± 0,18 * #
CVIM+Vibração 0 min.	4,99 ± 0,20
Controle 8 min.	4,89 ± 0,17
CVIM 8 min.	4,91 ± 0,16
CVIM+Vibração 8 min.	4,89 ± 0,17

Além disso, houve diferença significativa na  $FP_{média}$  dos passos (tabela 8) entre a condição CVIM+VIB 0 min e a condição CVIM 8 min ( $p = 0,01$ ), enquanto não houve diferença significativa no parâmetro de  $AP_{média}$  dos passos (tabela 9) entre as condições experimentais ( $p > 0,05$ ).

Tabela 8. Frequência média de passos

\* Diferença significativa com a condição CVIM8 ( $p= 0,01$ )

<b>Condição</b>	<b>Frequência média de passos (Hz)</b>
Controle 0 min.	4,31 ± 0,20
CVIM 0 min.	4,20 ± 0,20
CVIM+Vibração 0 min.	4,15 ± 0,16*
Controle 8 min.	4,27 ± 0,21
CVIM 8 min.	4,27 ± 0,17
CVIM+Vibração 8 min.	4,25 ± 0,20

Tabela 9. Amplitude média de passos

<b>Condição</b>	<b>Amplitude média de passos (m)</b>
Controle 0 min.	1,91 ± 0,06
CVIM 0 min.	1,90 ± 0,09
CVIM+Vibração 0 min.	1,93 ± 0,07
Controle 8 min	1,92 ± 0,07
CVIM 8 min	1,90 ± 0,06
CVIM+Vibração 8 min	1,92 ± 0,07

## 6 DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi verificar o efeito agudo de uma série de uma CVIM de MMII multiarticular com 5 s de duração, realizada com e sem a adição de vibração mecânica, na corrida de velocidade.

O principal achado do presente estudo demonstrou que realizar 5s de CVIM de MMII em uma série única, com e sem a adição de vibração mecânica, parece não proporcionar a diminuição no tempo de corrida nos 40 m, em relação ao controle, incluindo os tempos parciais aos 10, 20 e 30 m, seja após 0 minutos de descanso ativo, seja após 8 minutos de descanso ativo.

Na pesquisa de French *et al.* (2003), também foi mensurado o desempenho imediatamente após a atividade condicionante (0 min). Nesse estudo foi utilizado um protocolo de PPA composto por três repetições de 3s (total 9s) de CVIM monoarticular (extensões de joelho realizadas em dinamômetro isocinético), com 3 minutos de descanso entre as repetições. Nos resultados de French *et al.* (2003) as CVIMs aumentaram os parâmetros de altura do salto, força máxima e impulso do salto em profundidade em atletas da modalidade atletismo.

Considerando os resultados positivos obtidos por French *et al.* (2003), no presente estudo, formulou-se a hipótese de que uma única CVIM de 5s melhoraria o desempenho no teste de corrida de 40 m, após 0 min de descanso ativo. De acordo com o estudo de Lim e Kong (2013), foi realizada uma contração isométrica, envolvendo diferentes articulações (agachamento), que representaria uma atividade condicionante capaz de gerar padrões de ativação mais específicos em relação à natureza multiarticular do movimento durante a corrida de velocidade. Além disso, as contrações isométricas ativariam um maior número de unidades motoras em comparação com as contrações dinâmicas (TILLIN e BISHOP, 2009).

Segundo Tillin e Bishop (2009), a eficácia pela qual uma atividade condicionante pode estimular os mecanismos de PPA depende do equilíbrio entre fadiga e potencialização. A potencialização se encontraria no seu máximo imediatamente após a atividade condicionante, mas a fadiga prevaleceria em detrimento à potencialização nos estágios iniciais da recuperação. Dessa forma, o desempenho da atividade subsequente poderia ser reduzido ou inalterado. Esse equilíbrio depende de fatores distintos como intensidade, volume e tipo de atividade condicionante, das características de força muscular, distribuição de fibras rápidas, taxa de produção de força e do nível de treinamento dos atletas.

Os resultados do presente estudo demonstraram um incremento estatisticamente significativo no tempo de corrida aos 30 e 40 m na condição imediatamente após a CVIM 0 min. Provavelmente, esse incremento, aconteceu devido à magnitude da atividade condicionante aplicada no presente estudo (uma CVIM de 5s), a qual gerou mecanismos de fadiga capazes de eliminar os possíveis efeitos benéficos da PPA quando o desempenho foi mensurado imediatamente após a atividade condicionante (0 min).

Similarmente, no estudo de Lim e Kong (2013) não foram demonstradas diferenças significativas no tempo de corrida aos 30m entre diferentes protocolos de PPA, envolvendo ações isométricas mono e multi articulares junto a ações dinâmicas, em uma amostra composta por velocistas com características antropométricas e desempenhos parecidos aos atletas que participaram do presente estudo. Além disso, os autores do estudo mencionado relataram uma grande variabilidade de resposta entre os atletas, com alguns que se beneficiaram dos efeitos da PPA e outros que não se beneficiaram.

Por outro lado, no presente estudo, a magnitude de estímulo aplicada pareceu não incidir negativamente quando houve a adição de vibração mecânica durante a CVIM, apesar de ter tido uma queda estatisticamente significativa da frequência de passada imediatamente após a aplicação da CVIM com adição de vibração mecânica.

A aplicação de vibração mecânica poderia ter estimulado o RTV, o qual, ativado pelas vias reflexas, poderia ter contribuído na redução da fadiga central proporcionada pelas CVIMs.

Comyns *et al.* (2010), também não relataram melhoras na velocidade de corrida desempenhada por jogadores profissionais de rugby no teste de 30m de corrida, após aplicar um protocolo de PPA composto por uma série de 3 RM de agachamento.

Contrariamente, o estudo de Chatzopoulos *et al.* (2007) demonstrou um incremento na velocidade de corrida no teste de 30 m após 5 minutos de aplicação de agachamentos com carga elevada (90 % de 1RM) em jogadores de esportes coletivos, apesar de ter sido utilizada uma amostra de atletas amadores, não especialistas em corridas de velocidade.

Também o estudo de Vanderka *et al.* (2015) demonstrou uma redução no tempo parcial aos 20m no teste de 40m em jovens atletas do atletismo, mas dessa



vez a atividade condicionante utilizada para PPA envolveu saltos agachados realizados com sobrecargas individualizadas pelo pico de potência gerado durante o salto. Isso representa um estímulo diferente (ações musculares dinâmicas) em comparação as atividades condicionantes utilizadas no presente estudo. Além disso, a amostra de atletas de Vanderka *et al.* (2015) compreendeu 4 velocistas, 3 meio-fundistas, 3 saltadores e 2 lançadores; esse grupo representa uma amostra não homogênea, o que poderia ter influenciado os resultados no teste de velocidade, pelo fato desses atletas terem rotinas de treinamento e objetivos de desempenho diferentes.

Mc Bride *et al.* (2005) também relataram uma diminuição significativa do tempo no teste de 40 m (-0,87%) quando foram aplicadas 3 repetições de agachamentos com carga de 90% de 1 RM 4 minutos antes do *sprint*, em jogadores de futebol americano de terceira divisão, também representando uma amostra de atletas não especialistas em corridas de velocidade.

No presente estudo, realizado com atletas velocistas, não houve diferença estatisticamente significativa nos tempos aos 10 e 20 metros após as diferentes condições experimentais, sugerindo que as atividades condicionantes não afetaram a fase de aceleração máxima da corrida.

Os resultados do presente estudo estão de acordo com o estudo de Till e Cooke (2009), o qual não encontrou diferenças significativas nos tempos aos 10 e 20 m de corrida após diferentes protocolos de PPA, em jogadores profissionais de futebol, apesar de terem sido utilizadas atividades condicionantes diferentes do presente estudo.

Quando o descanso aplicado foi de 8 min não houve diferença significativa nos tempos parciais e final no teste de 40m entre as diferentes condições experimentais.

Segundo uma recente meta análise (WILSON *et al.*, 2013), o tempo de descanso ótimo, para o efeito de PPA após uma atividade condicionante em indivíduos treinados, varia entre 7 e 10 minutos, o que está de acordo com o descanso aplicado no presente estudo. Além disso, os autores indicam que uma maior potencialização poderia acontecer após a realização de atividades condicionantes realizadas em diferentes repetições com carga moderada (60-84% de 1 RM).

No presente estudo, a atividade condicionante realizada em uma série única de 5 s poderia ter representado um estímulo muito forte para a realização da corrida imediatamente após a contração (0 min), enquanto o efeito de potencialização que proporcionou, poderia ter dissipado após 8 minutos de descanso ativo.

Até o presente momento, desconhecemos estudos que verificaram os efeitos agudos de um protocolo de PPA, utilizando uma única série de CVIM de MMII multiarticular com 5s de duração, na corrida de velocidade em velocistas de nível regional e nacional. Além disso, nenhum dos estudos citados verificou o efeito da PPA em parâmetros como frequência e amplitude de passada.

## **7 CONCLUSÃO**

A realização de uma atividade condicionante composta por uma CVIM de MMII com duração de 5s, seja com adição de vibração mecânica, seja sem adição de vibração, parece não proporcionar diminuição no tempo de corrida no teste de 40m comparado com a condição controle.

A magnitude da atividade condicionante aplicada poderia ter representado um estímulo forte o bastante para gerar fadiga, a qual prejudicou o desempenho no teste de 40m realizado imediatamente após (0 min). Ainda, o efeito de potencialização poderia ter dissipado após 8 minutos de descanso ativo.

Estudos acerca do efeito de protocolos de PPA na velocidade de corrida em atletas velocistas são ainda escassos. Dessa forma, pesquisas futuras podem comparar o efeito de diferentes atividades condicionantes, que englobem exercícios dinâmicos e isométricos, a serem realizados em series únicas e múltiplas. Também sugere-se a mensuração do desempenho no teste de velocidade em um número maior de instantes após a aplicação dos protocolos de PPA.

## REFERÊNCIAS

BEVAN, H.R.; CUNNINGHAM, D.J.; TOOLEY, E.P.; OWEN, N.J.; COOK, C.J.; KILDUFF, L.P. Influence of postactivation potentiation on sprinting performance in professional rugby players. **J Strength Cond Res.** v. 24, p. 701-705, 2010.

BOSCO, C.; CARDINALE, M.; TSARPELA, O. Influence of vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexor muscles. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol.** v.79, p.306–311, 1999a.

BOSCO, C.; COLLI, R.; INTROINI, E.; CARDINALE, M.; TSARPELA, O.; MADELLA, A.; TIHANYI, J.; VIRU, A. Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. **Clin Physiol.** v.19, p.183–187, 1999b.

BULLOCK, N.; MARTIN, D.T.; ROSS, A.; ROSEMOND, C.D.; JORDAN, M.J.; MARINO, F.E. Acute effect of whole-body vibration on sprint and jumping performance in elite skeleton athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research.** v. 22, p. 1371-1374, 2008.

CARDINALE, M.; BOSCO, C. The Use of Vibration as an Exercise Intervention. **Exerc. Sport Sci. Rev.** v. 31, n. 1, p. 3–7, 2003.

CARDINALE, M.; ERSKINE, J.A. Vibration training in elite sport: effective training solution or just another fad? **Int J Sports Physiol Perform.** v. 3, p. 232–239, 2008.

CHATZOPOULOS, D.E.; MICHAILIDIS, C.J.; GIANNAKOS, A.K.; ALEXIOU, K.C.; PATIKAS, D.A.; ANTONOPOULOS, C.B.; KOTZAMANIDIS, C.M. Postactivation potentiation effects after heavy resistance exercise on running speed. **J Strength Cond Res.** v. 21, p. 1278–1281, 2007.

COCHRANE, D.J.; LEGG, S.J.; HOOKER, M.J. The short term effect of whole-body vibration training on vertical jump, sprint, and agility performance. **Journal of Strength and Conditioning Research.** v. 18, p. 828- 832, 2004.

COCHRANE, D. The effect of acute vibration exercise on short-distance sprinting and reactive agility. **J Sports Sci Med.** v. 12, p. 497-501, 2013.

COCHRANE, D. J.; CRONIN, M. J.; FINK P. W. Does Vibration Warm-up Enhance Kinetic and Temporal Sprint Parameters? **Int J Sports Med.** v. 36, p. 716–721, 2015.

COH, M.; MILANOVIC, D.; KAMPMILLER, T. Morphologic and Kinematic Characteristics of Elite Sprinters. **Coll. Antropol.** v.25, n. 2, p. 605–610, 2001.

COMYNS, T.M.; HARRISON, A.J.; HENNESSY, L.; JENSEN, R.L. Identifying the optimal resistive load for complex training in male rugby players. **Sports Biomech.** v. 6, p. 59–70, 2007.

COUTO, B. P.; SILVA, H. R.; BARBOSA, M. P.; SZMUCHROWSKI, L. A. Chronic Effects of Different Frequencies of Local Vibrations. **Int J Sports Med.** v. 33, p. 123–129, 2012.

DELECLUSE, C.; ROELANTS, M.; DIELS, R.; KONINCKX, E.; VERSCHUEREN, S. Effects of whole body vibration training on muscle strength and sprint performance in sprint-trained athletes. **Int J Sports Med.** v.26, p. 662–668, 2005.

FRENCH, D.N.; KRAEMER, W.J.; COOKE, C.B. Changes in dynamic exercise performance following a sequence of preconditioning isometric muscle actions. **J Strength Cond Res.** v. 17, p. 678–685, 2003.

GERAKAKI, M.E.; EVANGELIDIS, P.E.; TZIORTZIS, S.; PARADISIS, G.P. Acute effects of dynamic whole body vibration in well trained track & field sprinters. **Journal of Physical Education and Sport.** v. 13, n. 3, p. 270 - 277, 2013.

GRANVILLE, J.M. Treatment of pain by mechanical vibrations. **Lancet.** p.286-288, 1881.

GRIFFIN, M.J. **Handbook of human vibration.** London: Academic Press, 1996.

GUGGENHEIMER, J.D.; DICKIN, D.C.; REYES, G.F.; DOLNY, D.G. The effects of specific preconditioning activities on acute sprint performance. **J Strength Cond Res.** v. 23,p. 1135–1139, 2009.

GULLICH, A.; SCHMIDTBLEICHER, D. MVC-induced short term potentiation of explosive force. **New Studies Athletics.** v. 4, p. 67–81, 1996.

HAY, J.G. **The biomechanics of sports techniques.** Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 4<sup>a</sup> ed.,1985.

HORTOBÁGYI, T.; LESINSKI, M.; FERNANDEZ DEL OLMO, M.; GRANACHER, U. Small and inconsistent effects of whole body vibration on athletic performance: a systematic review and meta-analysis. **Eur J Appl Physiol.** v.115, p.1605–1625, 2015.

ISSURIN, V.B. Vibrations and their applications in sport. A review. **J Sports Med Phys Fitness.** v.45, p.324–336, 2005.

ISSURIN, V.B.; LIEBERMANN, D.G.; TENENBAUM, G. Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility. **J Sports Sci.** v.12, p.561–566, 1994.

JORDAN, M.; STHEPHEN, R. N.; DAVID, J.S.; HERZOG, W. Vibration training: an overview of the area, training consequences, and future considerations. **J. Strength Cond. Res.**, v. 19, n.2, p. 459-466, 2005.

KAVANAUGH, A.A.; MIZUGUCHI, S.; STONE, M.H.; HAFF, G. G.; WILLIAMS, D.A.; LAMONT, H.S.; RAMSEY, M.W. Whole-body vibration does not affect sprint performance in NCAA division I sprinters and jumpers. **J. Aust. Strength Cond.** v. 22, n. 6, p. 6-13. 2014.

KRYSTOF, M.; MERO, A. A Kinematics Analysis Of Three Best 100 M Performances Ever. **Journal of Human Kinetics.** v. 36, n. 1, p. 149–160, 2013.

LINDER, E.E.; PRINS, J.H.; MURATA, N.M.; DERENNE, C., MORGAN, C.F.; ANDSOLOMON, J;R. Effects of preload 4 repetition maximum on 100-msprint times in collegiate women. **J Strength Cond Res.** v. 24, p. 1184–1190, 2010.

LIM, J.J.H.; KONG, P.W. Effects of isometric and dynamic postactivation potentiation protocols on maximal sprint performance. **J Strength Cond Res.** v. 27, p. 2730–2736, 2013.

LUO, J.; MCNAMARA, B.; MORAN, K. The Use of Vibration Training to Enhance Muscle Strength and Power. **Sports Medicine.** v.35, n. 1, p. 23-41, 2005.

MCBRIDE, J.M.; NIMPHIUS, S.; ERICKSON, T.M. The acute effects of heavy-load squats and loaded countermovement jumps on sprint performance. **J Strength Cond Res.** v. 19, p. 893–897, 2005.

MERO A., KOMI P.V.; GREGOR, R.J. Biomechanics of sprint running. A review. **Sports Medicine.** v.13, n.6, p.376–392, 1992.

MORIN, J.B.; BOURDIN, M.; EDOUARD, P.; PEYROT, N.; SAMOZINO, P.; LACOUR, J.R. Mechanical determinants of 100-m sprint running performance. **European Journal Applied Physiology.** v. 112, n.11, p. 3921-30, 2012.

MOODIE, V.; BENSON, A.C.; GORDON, B.A.; LYTHGO, N. Efficacy of Vibration Exercise as a Warm-up Modality for Overground Sprinting. **International Journal of Exercise Science.** v. 8, n. 4, p. 385-393, 2015.

MYER, G.D.; FORD, K. R.; BRENT, J. L.; DIVINE, J. G.; HEWETT, T. E. Predictors Of Sprint Start Speed: The Effects Of Resistive Ground-Based Vs. Inclined Treadmill Training. **Journal of Strength and Conditioning Research.** v.21, n.3, p. 831–836, 2007.

NACLERIO, F.; FAIGENBAUM, A.D.; LARUMBE-ZABALA, E.; RATAMESS, N.A.; KANG, J.; FRIEDMAN, P.; ROSS, R.E. Effectiveness of different post- activation potentiation protocols with and without whole body vibration on jumping performance in college athletes. **J Strength Cond Res.** v. 28, p. 232–239, 2013.

NASA. National Aeronautics and Space Administration (2001). **Good Vibrations** – A new treatment under study by NASA funded doctors could reverse bone loss experienced by astronauts in space. Disponível em: [http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2001/ast02nov\\_1/](http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2001/ast02nov_1/). Acesso em 10 de agosto de 2015.

NAZAROV, V.; SPIVAK, G. Development of athlete's strength abilities by means of biomechanical stimulation method. **Theory and Practice of Physical Culture**. v.12, p. 37-39, 1987.

PILIANIDIS, T.; KASABALIS, A.; MANTZOURANIS, N.; MAVVIDIS, A. Start reaction time and performance at the sprint events in the Olympic games. **Kinesiology**. v. 44, n.1, p. 67-72, 2012.

RAHIMI, R. The acute effects of heavy versus light-load squats on sprint performance. **Phys Educ Sport**. v. 5, p. 163–169, 2007.

REHN, B.; LIDSTRÖM, J.; SKOGLUND, J e LIDSTRÖM, B. Effects on leg muscular performance from whole-body vibration exercise: a systematic review. **Scand. J. Med. Sci. Sports**. v.17, n.1, p. 2-11, 2007.

RITTWEGGER, J.; BELLER, G.; FELSEMBERG, D. Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man. **Clin Physiol**. v.20, p.134, 2000.

RITTWEGGER, J.; MUTSCHELKNAUSS, M.; FELSEMBERG, D. Acute changes in neuromuscular excitability after exhaustive whole body vibration exercise as compared to exhaustion by squatting exercise. **Clin Physiol Funct Imaging**. v.23, p.81, 2003.

RITTWEGGER, J. Vibration as an exercise modality: how it may work, and what its potential might be. **European Journal of Applied Physiology**. v. 108, p. 877-904, 2010.



ROBERTS, B.; HUNTER, I.; HOPKINS, T.Y.; FELAND, B. The short-term effect of whole body vibration training on sprint start performance in collegiate athletes. **Int J Exerc Sci.** v. 2, p. 264–268, 2009.

ROGAN, S.; SCHMIDTBLEICHER, D.; RADLINGER, L. Immediate effects after stochastic resonance whole-body vibration on physical performance on frail elderly for skilling-up training: a blind cross-over randomised pilot study. **Aging Clin Exp Res.** v.26, p.519–527, 2014.

RONNESTAD, B.R.; ELLEFSEN, S. The effects of adding different whole-body vibration frequencies to preconditioning exercise on subsequent sprint performance. **J Strength Cond Res.** v.25, p.3306–3310, 2011.

ROSS, A.; LEVERITT, M.; REIK, S. Neural influences on sprint running: training adaptations and acute responses. **Sports Med.** v. 31, p.409–425, 2001.

SALE, D.G. Postactivation potentiation: role in performance. **Br J Sports Med.** v. 38, n. 4, p. 386-387, 2004.

SALE, D.G. Postactivation potentiation: Role in human performance. **Exerc Sport Sci Rev.** v. 30, p. 138–143, 2002.

SWEENEY, H.L.; BOWMAN, B.F.; STULL, J.T. Myosin light chain phosphorylation in vertebrate striated muscle: Regulation and function. **Am. J. Physiol.** v. 264, p. 1085-1095, 1993.

TILLIN, N.A.; BISHOP, D. Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. **Sports Med.** v. 39, p. 147–166, 2009.

TILL, K.A.; COOKE, C. The effects of postactivation potentiation on sprint and jump performance of male academy soccer players. **J Strength Cond Res.** v. 23, p. 1960-1967, 2009.

VANDERKA, M.; KRČMÁR, M.; LONGOVÁ, K.; WALKER, S. Acute effects of loaded half-squat jumps on sprint running speed in track and field athletes and soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*: [Post Acceptance: November 07, 2015](#) doi: 10.1519/JSC.0000000000001259 Original Research: PDF Only

WHELAN, N.; O'REGAN, C.; e HARRISON, A.J. Resisted Sprints Do Not Acutely Enhance Sprinting Performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 28, n.7, p. 1858–1866, 2014.

WILCOCK, I.M.; WHATMAN, C.; HARRIS, N.; KEOGH, J.W. Vibration training: could it enhance the strength, power, or speed of athletes? **J Strength Cond Res**. v.23, p. 593–603, 2009.

WILSON, J.M.; DUNCAN, N.M.; MARIN, P.J.; BROWN, L.E.; LOENNEKE, J.P., WILSON, S.M.C., JO, E.; LOWERY, R.P., UGRINOWITSCH, C. Meta analysis of postactivation potentiation and power: Effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. **J Strength Cond Res**. v. 27, n. 3, P 854–859, 2013.

YETTER, M.; MOIR, G.L. The acute effects of heavy back and front squats on speed during forty-meter sprint trials. **J Strength Cond Res**. v. 22, p. 159–165, 2008.

## ANEXOS

### ANEXO 1. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

#### TCLE - Termo de Consentimento Livre Esclarecido

---

##### **Título do Projeto de Pesquisa:**

EFEITO AGUDO DA CONTRAÇÃO ISOMÉTRICA MÁXIMA COM ADIÇÃO DE VIBRAÇÃO MECÂNICA NA CORRIDA DE VELOCIDADE

Você está sendo convidado a participar da pesquisa “Efeito agudo da contração isométrica máxima com adição de vibração mecânica na corrida de velocidade” que será desenvolvido no Centro de Treinamento Esportivo da UFMG e LAC – CENESP da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais.

O estudo tem como objetivo verificar o efeito agudo da contração isométrica máxima com adição de vibração mecânica na corrida de velocidade. A importância deste estudo é compreender as respostas agudas do corpo humano às vibrações mecânicas e contração isométrica máxima, para aplicação destes recursos como ferramentas de treinamento para melhora do desempenho nas modalidades esportivas que envolvem corridas de velocidade.

Esse estudo requer cinco encontros. No primeiro encontro você receberá informações sobre os procedimentos experimentais e as variáveis de desempenho exigidas nas diferentes condições experimentais, e preencherá um formulário com as seguintes informações: nome, idade, tempo de prática na modalidade, local de atuação. Além disso, serão coletadas suas medidas de altura, massa corporal e percentual de gordura, e será realizado um aquecimento padrão que será utilizado, sucessivamente, nas sessões experimentais. Nos demais encontros serão realizados os procedimentos experimentais envolvendo as vibrações mecânicas e a contração isométrica máxima e serão colhidos os dados (resultados) dos procedimentos.

Os benefícios que você deverá esperar com a sua participação, mesmo que não diretamente, são: contribuir para o estudo do treinamento esportivo, ajudando no processo melhoria do trabalho de treinadores de diversas modalidades esportivas. Além disso, terá disponibilizados os resultados de testes físicos, úteis para avaliação do seu nível de treinamento, registrados com ferramentas de alta precisão.

Sempre que desejar serão fornecidos esclarecimentos sobre cada uma das etapas do estudo.

A qualquer momento, você poderá recusar a continuar participando do estudo e, também, poderá retirar este seu consentimento, sem que isso lhe traga qualquer penalidade ou prejuízo.

As informações conseguidas através da sua participação não permitirão a identificação da sua pessoa, exceto aos responsáveis pelo estudo. A divulgação das mencionadas informações só será feita entre os profissionais envolvidos no desenvolvimento deste estudo. Será disponibilizado a você acesso aos resultados deste estudo, bem como do produto final.

Os possíveis riscos à sua saúde física e mental são: Desconforto físico devido a aplicação das vibrações mecânicas, vergonha e embaraço. Você deverá ser indenizado por qualquer despesa que venha a ter com a sua participação nesse estudo.

Caso tenha compreendido este termo e queira participar do presente estudo, pede-se que leia, preencha e assine o abaixo:

Eu estou consciente da importância da minha participação neste estudo através do encontro que tive com os pesquisadores envolvidos. Eu pude ler e compreender todos os procedimentos que envolvem esta pesquisa, bem como os seus objetivos e tive tempo suficiente para considerar a minha participação no estudo. Eu perguntei e obtive as respostas para todas as minhas dúvidas. Eu sei que posso me recusar a participar deste estudo, ou que posso abandoná-lo a qualquer momento, sem qualquer tipo de constrangimento. Eu também compreendo que os pesquisadores podem decidir a minha exclusão do estudo por razões científicas, sobre as quais eu deverei ser devidamente informado. Tenho uma via deste formulário, o qual foi assinado em duas vias idênticas e rubricadas.

Tendo sido esclarecido, dou o meu consentimento sem que para isso eu tenha sido forçado ou obrigado.

Em caso de dúvidas com respeito aos aspectos éticos deste estudo, poderá ser consultado o Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG - Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) tel: 3409-4592.

**Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais:  
Unidade Administrativa II, 2º andar, sala 2005, Campus Pampulha  
Av. Antônio Carlos, 6627. Belo Horizonte / MG. CEP: 31270-901  
Telefone: 3409-4592**

**E-mail: coep@prpq.ufmg.br**

**Endereço dos responsáveis pela pesquisa:**

Pesquisador responsável: Leszek Antoni Szmuchowski

Instituição: UFMG / Escola de Educação Física Fisioterapia e Terapia Ocupacional / LAC - CENESP

Endereço: Av. Antônio Carlos, 6627.

Bairro: Pampulha. CEP. 31270-901, Cidade: Belo Horizonte / MG.

Telefones p/contato: 34092326

E-mail: leszek\_br@yahoo.com.br

**Endereço do (a) participante-voluntário(a)**

Domicílio:

Bairro:	CEP:
Cidade:	Telefone:
Ponto de referência:	
<b>Contato de urgência:</b>	
Bairro:	CEP:
Cidade:	Telefone:
Ponto de referência:	

Belo Horizonte, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

(Assinatura ou impressão datiloscópica d(o,a) voluntári(o,a) ou responsável legal - Rubricar as demais folhas)	Nome e Assinatura do(s) responsável(eis) pelo estudo (Rubricar as demais páginas)