



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA DE SANTO ANTÃO**

**JOSÉ GILBERTO LIMA DA SILVA**

**ANÁLISE DOS PARÂMETROS ESPAÇO TEMPORAIS DO SISTEMA MASSA  
MOLA EM CORRIDAS NA VELOCIDADE PREFERIDA E SUGERIDA**

**VITÓRIA DE SANTO ANTÃO**

**2019**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA DE SANTO ANTÃO  
BACHARELADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA  
NÚCLEO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E CIÊNCIAS DO ESPORTE**

**JOSÉ GILBERTO LIMA DA SILVA**

**ANÁLISE DOS PARÂMETROS ESPAÇO TEMPORAIS DO SISTEMA MASSA  
MOLA EM CORRIDAS NA VELOCIDADE PREFERIDA E SUGERIDA**

TCC apresentado ao Curso de Bacharelado em Educação Física da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Educação Física.

**Orientador:** Prof. Dr. Wilson Viana de Castro Melo

**Coorientador:** Prof. Dr. Saulo Fernandes Melo de Oliveira

**VITÓRIA DE SANTO ANTÃO**

**2019**

Catálogo na fonte  
Sistema de Bibliotecas da UFPE - Biblioteca Setorial do CAV.  
Bibliotecária Giane da Paz Ferreira Silva, CRB-4/977

- S586a Silva, José Gilberto Lima da.  
Análise dos parâmetros espaço temporais do sistema massa mola em corridas na velocidade preferida e sugerida/José Gilberto Lima da Silva. - Vitória de Santo Antão, 2019.  
25 folhas: il.
- Orientador: Wilson Viana de Castro Melo  
Coorientador: Saulo Fernandes Melo de Oliveira  
TCC (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, CAV, Bacharelado em Educação Física, 2019.  
Inclui referências.
1. Biomecânica. 2. Corrida. 3. Massa mola. I. Melo, Wilson Viana de Castro (Orientador). II. Oliveira, Saulo Fernandes Melo de. (Coorientador). III. Título.
- 796.417 (23. ed.) **BIBCAV/UFPE-267/2019**

JOSÉ GILBERTO LIMA DA SILVA

**ANÁLISE DOS PARÂMETROS ESPAÇO TEMPORAIS DO SISTEMA MASSA  
MOLA EM CORRIDAS NA VELOCIDADE PREFERIDA E SUGERIDA**

TCC apresentado ao Curso de Bacharelado em Educação Física da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Educação Física.

Aprovado em: 04/12/2019.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profº. Dr. Wilson Viana de Castro Melo (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Profº. Dr. Luciano Machado Ferreira T. de Oliveira (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Profº. Dr. Saulo Fernandes Melo de Oliveira (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente tenho que agradecer a Deus por me livrar de todo mal que foi me imposto nesses 4 anos de graduação, O agradeço também por toda força que me deu para batalhar nesse período de crescimento pessoal e intelectual. Agradeço também a Maria Santíssima por ser minha advogada e sempre interceder a seu filho por minha vida, me acolhendo em seus braços sempre que a procurei nos momentos bons e de aflição.

Também agradeço a toda a minha família, em especial, para minha avó, Dona Rita, que sempre foi minha base que me sustentou aqui na terra, e sempre me fez pensar nela antes de tomar qualquer atitude. Devo tudo o que tenho nessa vida a essa mulher guerreira e especial que dedico todas as minhas vitórias a ela e a agradeço sempre por me fazer esse cara que sou hoje.

Agradeço a minha família EJC, tanto a família EJC livramento que é minha casa, como a família EJC São Pedro e São Paulo da cidade de gravatá que me apresentou pessoas especiais, me acolheu como família e hoje faço parte desse movimento lindo. Além disso, foi em momentos com essa família que, por muitas vezes, descansei em Deus e fiquei mais aliviado a despejar minhas aflições na pessoa certa e no lugar certo, aos pés da Cruz de Cristo.

E por último, mas não menos importante, quero agradecer a todos os meus companheiros que conheci na Universidade e através dela, e também agradecer as pessoas que me deram oportunidade de cada vez mais me aprimorar intelectualmente e como pessoa, principalmente nas oportunidades que recebi mediante as atividades no laboratório de anatomia humana e também do grupo de estudos MovER.

“ Nessa vida existe duas situações, ou você faz sua história, sendo protagonista dela, ou você apenas faz parte da história de alguém. ”

(Willams Maciel)

## RESUMO

Este estudo tem como objetivo analisar o comportamento do sistema massa mola durante a corrida quando submetido a duas velocidades distintas. Para isso, foram selecionados, para participar da pesquisa, seis adultos jovens do sexo masculino, todos voluntários. Foram realizados 3 encontros na academia com intervalo de 24 horas entre o primeiro e segundo encontro e 48 horas entre o segundo e o terceiro. No primeiro encontro foram realizadas as coletas que caracterizaram a amostra e a identificação da velocidade de corrida preferida. Nos encontros seguintes, os indivíduos realizaram corrida na esteira ergométrica por 10 minutos, previamente aquecidos, e foram efetuadas as filmagens por meio da câmera de uma câmera de um aparelho celular contendo o aplicativo Runmatic®. No segundo encontro os participantes correram na velocidade preferida (VP) e no terceiro encontro correram com a velocidade sugerida (VS) pelo pesquisador, situação onde é acrescido 15% ao valor de VP. Com isso, foi identificado um aumento da rigidez vertical ( $K_{vert}$ ) do sistema massa mola (SMM) associado ao aumento da velocidade, enquanto a rigidez da perna ( $K_{leg}$ ) se manteve constante mesmo com o aumento da velocidade. Sendo assim, quando submetidos a corrida em velocidades diferentes os resultados permitiram concluir que há um aumento da  $K_{vert}$  associado com o aumento da velocidade, enquanto a  $K_{leg}$  se mantém constante.

Palavras-chave: Biomecânica. Massa-Mola. Rigidez. Corrida.

## ABSTRACT

This study aims to analyze the behavior of the spring mass system during running when subjected to two different speeds. For this, six young male adults, all volunteers, were selected to participate in the research. Three meetings were held at the gym 24 hours between the first and second meeting and 48 hours between the second and third. In the first meeting, the collections that characterized the sample and the identification of the preferred running speed were performed. In the following meetings, the subjects performed a treadmill run for 10 minutes, previously warmed up, and were filmed through the camera of a mobile device containing the Runmatic® application. In the second meeting the participants ran at the preferred speed (PV) and in the third meeting they ran at the speed suggested (VS) by the researcher, which adds 15% to the value of PV. Thus, an increase in spring mass system ( $K_{vert}$ ) vertical stiffness (SMM) associated with increased velocity was identified, while leg stiffness ( $K_{leg}$ ) remained constant even with increasing velocity. Thus, when subjected to running at different speeds, the results allowed us to conclude that there is an increase in  $K_{vert}$  associated with increased speed, while  $K_{leg}$  remains constant.

Keywords: Biomechanics. Spring-Mass. Stiffness .Running.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	10
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	11
2.1 Corrida.....	11
2.2 Sistema massa mola .....	12
2.3 Cinemetria e RunMatic.....	12
3 OBJETIVOS .....	14
3.1 Objetivo Geral .....	14
3.2 Objetivos Específicos .....	14
4 METODOLOGIA.....	15
4.1 Tipo de Estudo .....	15
4.2 Locais de Estudo .....	15
4.3 Amostra .....	15
4.4 Instrumentos para a Coleta dos Dados .....	16
4.5 Procedimento .....	16
4.6 Análise dos Dados .....	18
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
6 CONCLUSÃO.....	23
REFERÊNCIAS.....	24

## 1 INTRODUÇÃO

A corrida de rua se mostra como a modalidade que mais cresce nos últimos anos no Brasil, apresentando um aumento no número de adeptos de 25% ao ano (BALBINOTTI et al, 2015). Esse crescimento se dá não só pela facilidade que existe ao praticar a modalidade, mas também pelos benefícios que a corrida promove à saúde do praticante e o baixo custo relacionado à prática esportiva (HINO et al, 2009; PAZIN et al, 2008).

Uma possível avaliação da corrida é através do sistema massa mola (SMM) que é um modelo físico-matemático que trata o aparelho locomotor em movimento como um complexo musculoesquelético de molas que alongam e encurtam a cada passo dado (FARLEY; GONZÁLES, 1996). Com isso, os membros inferiores atuam como uma mola única de massa desprezível, onde, alternadamente, estocam e liberam energia potencial elástica sendo comprimidas sob ação da força relacionada a massa corporal do corredor (FARLEY; GONZÁLES, 1996; MORIN et al, 2005).

Os principais parâmetros mecânicos que definem o SMM, são medidos através da rigidez vertical ( $K_{vert}$ ) e da rigidez da perna ( $K_{leg}$ ), rigidez essa que pode ser definida como a resistência que o corpo ou um objeto impõe à sua deformação, e normalmente é medido através da relação força deslocamento (BRUGHELLI; CRONIN, 2008; SERPELL et al., 2012). A rigidez vertical é usada para descrever a movimentação vertical do centro de massa (CM) e é definida pela razão da força máxima de reação do solo (FRS) pelo deslocamento vertical do centro de massa ( $\Delta y_{CM}$ ). Enquanto a rigidez da perna ( $K_{leg}$ ) pode ser definida como a razão entre a força máxima exercida pela massa corporal e a máxima compressão da perna durante a fase de apoio (FARLEY; GONZALEZ, 1996; MCMAHON; CHENG, 1990).

Mesmo ciente dos mecanismos envolvidos no SMM, nota-se a existência de divergências na literatura, visto que existem estudos que mostram que a  $K_{leg}$  permanece constante quando relacionada com a velocidade de corrida enquanto a  $K_{vert}$  aumenta em consonância com a velocidade (HE et al, 1991; CAVAGNA et al, 2005). Enquanto outros estudos mostram um aumento na  $K_{leg}$  e na  $K_{vert}$  quando relacionada a velocidades diferentes de corrida. (ARAMPATZIS, 1999).

Ciente do exposto o objetivo do estudo é analisar o comportamento do sistema massa mola durante a corrida quando submetido a uma velocidade preferida e uma velocidade sugerida.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Corrida

A corrida é uma ação corporal humana utilizada desde os povos antigos para sobreviver, sendo muito utilizada na caça e fuga de predadores. Além disso, era também utilizada como meio de comunicação entre povoados mais distantes, afim de diminuir o tempo de envio e chegada da mensagem quando comparado com a caminhada (ALBUQUERQUE et al, 2018). Segundo Gallahue, Ozmun e Goodway (2013) a corrida é uma forma de locomoção humana que alterna os pés como base de suporte e projeta o corpo para frente se diferenciando da caminhada por apresentar uma fase aérea.

A prática da corrida como exercício físico e esporte se difundiu e teve sua ascensão por volta dos anos 70 nos Estados Unidos da América, devido ao “Jogging Boom”, visto que nessa época houve inúmeras provas de corrida que contaram não só por atletas profissionais, mas também contou com amadores da corrida de rua, estimulados pelo médico americano Kenneth H. Cooper, criador do famoso teste de cooper (SALGADO; CHACON-MIKAHIL, 2006). Nos últimos anos houve um crescimento no número de adeptos da corrida de rua, devido a esse fenômeno houve também um aumento exponencial na quantidade de competições (DALLARI, 2009; ROJO et al, 2017).

Atualmente ainda cresce o número de praticantes de corrida, devido ao baixo custo e a facilidade da prática da modalidade, pois não necessita de tantos materiais como em outras modalidades (BALBINOTTI et al, 2015). Mesmo com todo esse crescimento, a corrida ainda é pouco estudada, deixando várias lacunas, principalmente quando se trata do SMM (BASTOS; PEDRO; PALHARES, 2009).

## 2.2 Sistema massa mola

A corrida pode ser representada pelo sistema massa mola (SMM), que é um modelo físico-matemático que trata a estrutura musculoesquelética dos membros inferiores dos corredores como estruturas elásticas que estocam e liberam energia potencial elástica sob ação da força exercida pela massa corporal a cada passo dado (MORIN et al, 2005). A Kvert e a Kleg são os parâmetros mecânicos principais que descrevem o SMM (MCMAHON; CHENG, 1990; MORIN et al, 2005).

Para mensurar esses parâmetros, normalmente, utiliza-se a cinemetria, que é uma das áreas da biomecânica que nos permite calcular a posição, velocidade, deslocamento, aceleração do corpo e seus segmentos com objetivo principal descrever como o corpo se move (DA SILVA et al, 2007). Os parâmetros que são analisados para análise da corrida incluem o tempo de contato com o solo, tempo de voo, frequência de passada e amplitude de passada (VERKEKE et al, 1998).

Sendo assim, utiliza-se do tempo de contato com o solo e o tempo de voo, coletados da análise por cinemetria, para calcular os valores de Kvert e Kleg, aplicando-os nas fórmulas necessárias, e assim mensurar o SMM (FARLEY; GONZÁLES 1996; MORIN et al, 2005).

## 2.3 Cinemetria e RunMatic

A cinemetria é um método de medição biomecânica que consiste em uma análise de parâmetros cinemáticos, isto é, velocidade, aceleração, posição e orientação, baseado na captura de imagens de movimentos e sua posterior análise (AMADIO, 1999). A aplicação dessas análises permite o estudo da otimização do desempenho de atletas (PINHEIRO, 2008).

Para analisar o desempenho dos atletas de corrida se utiliza de câmeras que capturem suas imagens em alta resolução e com uma frequência de captação elevada (LE MEUR et al, 2011). Para uma maior fidedignidade da análise da mecânica da corrida, normalmente, associa-se a filmagem da corrida com outros instrumentos como a plataforma de força e a esteira instrumentalizada para calcularmos as forças envolvidas na corrida humana, porém esses instrumentos são, por muitas vezes, inacessíveis aos treinadores e às clínicas para avaliação biomecânica da corrida (BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, 2017).

Por conta disso, muitos dispositivos vêm sendo desenvolvidos com intuito de sanar esse problema. O Runmatic é um aplicativo válido para avaliar biomecanicamente a corrida na esteira, foi desenvolvido com a finalidade de estudar a mecânica da corrida, utilizando celulares Iphone 6 ou superior, devido a sua câmera conseguir filmar em 240 quadros por segundo. Essa frequência de filmagem é a ideal para filmar o contato e a retirada do pé do solo e conseqüentemente calcular o tempo de contato com o solo e o tempo de voo (BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, 2017).

Baseado nas fórmulas propostas por Morin et al (2005), o aplicativo calcula, a partir do tempo de contato com o solo e tempo de voo, a Kvert, a Kleg a cada passo (Kleg), frequência de passada e FRS. Sendo necessário inserir algumas informações como: a massa corporal do sujeito, a estatura e a velocidade da corrida (BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, 2017).

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo Geral**

Analisar o comportamento do sistema massa mola durante a corrida quando submetido a duas velocidades distintas.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Determinar os parâmetros espaço temporais do sistema massa mola com velocidade preferida;
- Determinar os parâmetros espaço temporais do sistema massa mola decorrente da corrida com velocidade sugerida;
- Comparar os parâmetros espaço temporais do sistema massa mola entre as diferentes velocidades de corrida.

## **4 METODOLOGIA**

### **4.1 Tipo de Estudo**

Trata-se de um estudo quantitativo, exploratório de caráter transversal que utilizou a cinemetria para analisar a variação do comportamento do sistema massa mola durante a corrida.

### **4.2 Locais de Estudo**

O estudo foi desenvolvido na academia do Núcleo de Educação Física e Ciências do Esporte do Centro Acadêmico de Vitória – Universidade Federal de Pernambuco, localizada na cidade de Vitória de Santo Antão-PE.

### **4.3 Amostra**

A amostra foi por conveniência, sendo composta por seis adultos jovens saudáveis que correm de maneira recreacional. O tamanho da amostra foi determinado através do cálculo amostral do software G\*Power, Versão 3.1.9.3 para, onde foi adotado um nível de significância de 0,05 e um poder do teste de 80%. O cálculo foi realizado baseado no estudo de Le Meur (2011) devido a semelhança das análises utilizadas neste estudo.

Todos os participantes da pesquisa assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) contendo as informações pertinentes ao experimento e assegurando sua privacidade. Este estudo respeitou as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional 466/12 envolvendo pesquisa com seres humanos, a partir da aprovação do Comitê de Ética da Universidade Federal de Pernambuco sob o número de protocolo CAAE 19751919.7.0000.9430.

#### 4.4 Instrumentos para a Coleta dos Dados

- Esteira Ergométrica (Movement, Modelo: RT150 – G2)
- Celular Iphone com aplicativo Runmatic instalado
- Balança digital (Toledo, Modelo: 2096PP com precisão de 100 gramas e capacidade máxima de 200kg)
- Estadiômetro com precisão de 2 milímetros

#### 4.5 Procedimento

Os indivíduos foram convidados a participar do presente estudo, após o convite que, fora realizado por meio de redes sociais, foram informados sobre as características da coleta dos dados e, os indivíduos que estiveram de acordo com as características da coleta, assinaram o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE), e após a assinatura do termo se iniciou a coleta dos dados.

A coleta dos dados foi realizada em 3 encontros com intervalos de 24 horas entre o primeiro e segundo encontro e 48 horas entre o segundo e o terceiro. No primeiro encontro, foram efetuadas as medidas antropométricas e a aplicação do protocolo que definiu a velocidade preferida (VP) de corrida. A massa corporal de cada indivíduo foi mensurada por meio de uma balança de leitura digital, com precisão de 100 gramas e capacidade máxima de 200 kg, de acordo com o protocolo proposto por Gordon (1988). Para mensurar a estatura utilizaremos um estadiômetro com precisão de 2 milímetros, também de acordo com o protocolo de Gordon (1988). Após esse procedimento, foi realizado o protocolo de identificação da VP onde utilizaremos um protocolo baseado na metodologia proposta por Jordan (2007), na qual o indivíduo correu com velocidade de  $6,5 \text{ km.h}^{-1}$  na esteira durante cinco minutos para aquecer e se adaptar a corrida na esteira. Posteriormente, fixamos a velocidade em  $8 \text{ km.h}^{-1}$  e gradativamente a velocidade foi aumentada em  $0,5 \text{ km.h}^{-1}$  a cada 30 segundos até o indivíduo identificar a velocidade de sua preferência. Após um minuto e meio de descanso ativo (caminhando na esteira a uma velocidade de  $5 \text{ km.h}^{-1}$ ), a velocidade aumenta em  $3 \text{ km.h}^{-1}$  a mais que a escolhida anteriormente e regride  $0,5 \text{ km.h}^{-1}$  a cada 30 segundos. O resultado da média foi utilizado para identificar a VP do participante.

No segundo encontro os indivíduos fizeram o aquecimento conforme o protocolo de Jordan (2007), após isso correram na esteira ergométrica durante 10 minutos na velocidade que foi identificada como a VP. A cada três minutos durante a corrida realizou-se a filmagem por meio da câmera do celular que continha o aplicativo *Runmatic*®. Foram capturados nove passos consecutivos da corrida e ao final da primeira parte da coleta calculamos a média dos três ciclos de nove passos. O aplicativo através de uma análise biomecânica, utilizando de fórmulas propostas por Morin (2005), que calcula a Kvert e a Kleg que permite avaliar os parâmetros espaço temporais do SMM.

No terceiro encontro, os indivíduos, após aquecerem conforme o protocolo de Jordan (2007), correram 10 minutos na esteira ergométrica, porém dessa vez a velocidade foi com a condição sugerida pelo pesquisador, nesse caso a velocidade sugerida (VS) calculada somando um valor de 15% ao valor de VP, e novamente foram realizadas as filmagens igualmente como efetuado no segundo encontro.

Para a determinação dos valores de Kvert, foi adotado a equação proposta por Morin et al (2005) que calcula o valor de Kvert pelo quociente entre a força máxima de reação do solo (FRS) e o deslocamento vertical do centro de massa ( $\Delta y_{CM}$ ):

$$K_{vert} = \frac{FRS}{\Delta y_{CM}}$$

Semelhantemente para determinação dos valores de Kleg foi utilizada fórmula proposta por Morin et al (2005) que calcula o valor de Kleg pela razão entre a FRS e o deslocamento da mola da perna ( $\Delta L$ ) durante o contato:

$$K_{leg} = \frac{FRS}{\Delta L}$$

Vale salientar que a ordem de realização dos protocolos aplicados no segundo e terceiro encontro foi efetuada de maneira randomizada.

#### **4.6 Análise dos Dados**

Foi utilizada a estatística descritiva, apresentando os dados por médias e desvios padrão. Para verificarmos a normalidade e homogeneidade dos dados utilizamos os testes de Shapiro Wilk e de Levene, respectivamente. Para a comparação das médias foi aplicado o teste de análise de variância ANOVA two way para medidas repetidas, tendo como fatores a velocidade de corrida e os intervalos de tempo. Para as comparações múltiplas, foi utilizado o post-hoc de Bonferroni, adotando uma significância de 5% para todas as análises. Todos os testes foram realizados no GraphPad Prism, versão 7.0 para Windows (GraphPad Software, Inc., La Jolla, CA, USA).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi analisar o comportamento do sistema massa mola durante a corrida quando submetido a duas velocidades distintas, sendo uma preferida e sugerida, onde comparamos os valores de  $K_{vert}$  e  $K_{leg}$  nessas situações.

A fim de caracterizar a amostra do estudo, apresentamos na tabela 01 as informações de tendência central (média) e variabilidade (desvio padrão), da idade, da massa corporal, da estatura, do índice de massa corporal (IMC), do comprimento da perna e da VP dos participantes.

**Tabela 01** - Características dos Participantes.

Variáveis	Média± Desvio Padrão
Idade (anos)	24,0±3,22
Massa (kg)	70,1± 9,44
Estatura (m)	1,78± 0,06
IMC (kg.m <sup>-2</sup> )	22,18± 2,53
Comprimento perna (m)	0,94± 0,03
VP (km.h <sup>-1</sup> )	12,4± 1,32

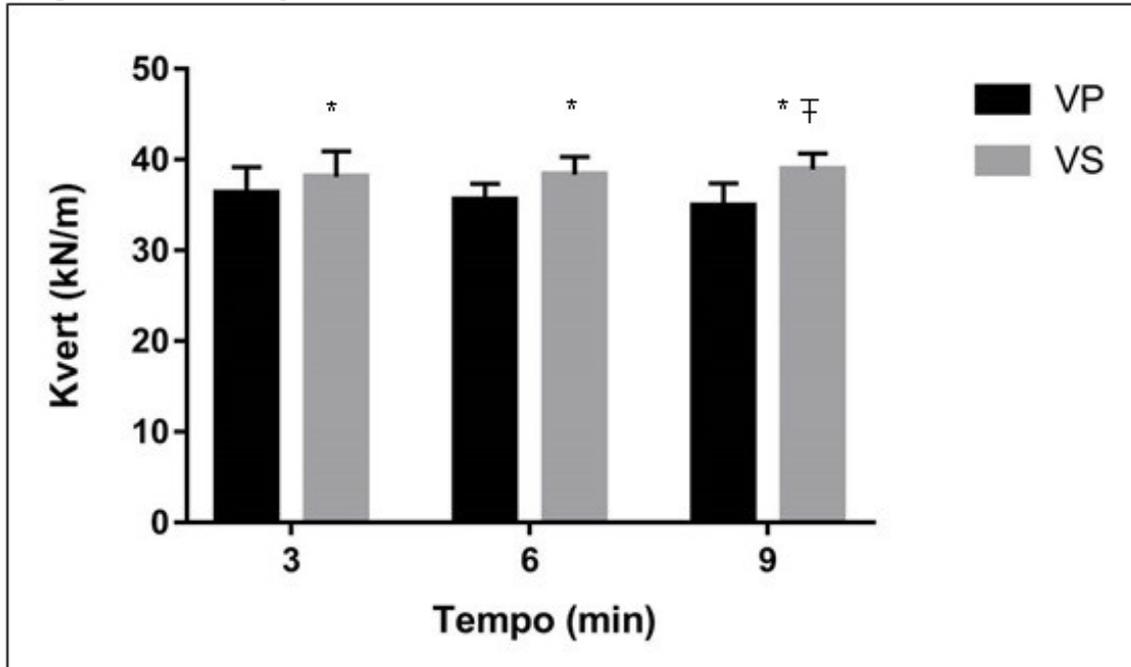
Fonte: SILVA, J. G. L., 2019.

IMC: Índice de Massa Corporal; VP: Velocidade Preferida.

Observando os valores de  $K_{vert}$  na VP nos três momentos distintos, não encontramos diferença significativa entre eles. Isso também aconteceu na corrida realizada na VS, visto que não há diferença nos valores de  $K_{vert}$  entre os três momentos da corrida (Figura 1).

No entanto, quando comparamos VP com VS nos três momentos distintos, observamos diferença entre todos os valores de  $K_{vert}$  na VS, quando comparado ao minuto 9 da corrida em VP. No minuto 3 da VS em comparação com o minuto 9 da VP encontramos um aumento associado a um aumento da velocidade ( $8,105±2,821$  kN/m vs  $34,910±2,504$  kN/m,  $n=6$ ,  $p<0,05$ ); já no minuto 6 da VS comparado com o minuto 9 da VP temos também um aumento associado a um aumento da velocidade ( $38,355±1,943$  kN/m vs  $34,910±2,504$  kN/m,  $n=6$ ,  $p<0,05$ ); e no minuto 9 da VS comparado com o minuto 9 da VP ( $38,918±1,760$  kN/m, vs  $34,910±2,504$  kN/m,  $n=6$ ,  $p<0,05$ ). Do mesmo modo quando comparamos o valor de  $K_{vert}$  no minuto 6 da VP com o minuto 9 da VS, também encontramos um aumento ( $35,555±1,782$  kN/m, vs  $38,918±1,760$  kN/m,  $n=6$ ,  $p<0,05$ ) (Figura 01).

**Figura 01** – Variação da Kvert durante a corrida em diferentes velocidades.

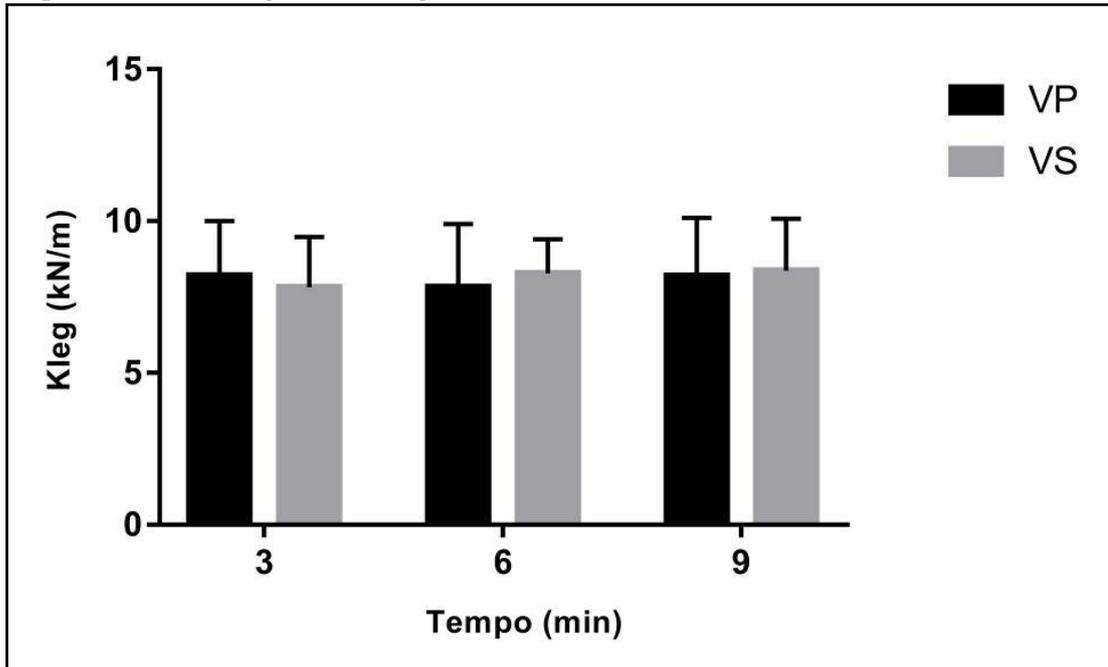


Fonte: SILVA, J. G. L., 2019

Os dados foram expressos em kN/m e representados por média  $\pm$  DP. \* representa diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para Kvert quando relacionada com a corrida no minuto 9 da VP; † representa diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para Kvert quando relacionada com a corrida no minuto 6 da VP.

Ao observar a corrida na VP não foi encontrado diferença significativa ( $p > 0,05$ ) relacionada aos valores da Kleg nos 3 momentos distintos. Isso aconteceu também na análise feita utilizando os valores de Kleg na corrida em VS e também ao comparar os valores da corrida feitas em VP e em VS. Isso pode ser observado na figura 2.

**Figura 02** – Variação da Kleg durante a corrida em diferentes velocidades.



Fonte: SILVA, J. G. L., 2019

Velocidade Preferida (VP); Velocidade Sugerida (VS). Os valores foram expressos em kN/m e foram representados por média  $\pm$ DP.

Vários estudos encontraram valores similares aos nossos, mostrando que com o aumento da velocidade de corrida em humanos, os valores das rigidezes do SMM mostram que a Kleg se mantém constante, enquanto a Kvert aumenta com a velocidade de corrida (AVOGADRO et al., 2004; CAVAGNA et al., 2005; HE et al., 1991; FARLEY e GONZÁLEZ, 1996). Por outro lado, Arampatzis et al., (1999) encontraram valores distintos dos demais estudos, visto que neste estudo 30 corredores profissionais correram sobre uma plataforma de força em 5 velocidades distintas (9,5; 12,6; 16,2; 19,8 e 23,4 Km/h), ao comparar as variáveis do SMM nas corridas em 9,5 Km/h e 23,4 Km/h (o que representou um aumento de 160% da velocidade) verificaram um aumento de aproximadamente 50% da Kleg e um aumento de aproximadamente 300% da Kvert associados ao aumento da corrida.

A variação da Kvert relacionada com a velocidade pode ser explicada devido a um aumento da força de reação do solo (FRS) (KYRÖLÄINEN et al., 2001) e uma redução do deslocamento vertical do centro de massa ( $\Delta y_{CM}$ ) associados a um aumento da velocidade de corrida (TARTARUGA, 2008). E sabendo que a Kvert é diretamente proporcional ao aumento da FRS e

inversamente proporcional ao  $\Delta y_{CM}$ , é notório o aumento da  $K_{vert}$  relacionado a um aumento da FRS e redução do  $\Delta y_{CM}$ .

Entretanto, quando nos referimos a não alteração da  $K_{leg}$  concatenada a um aumento da velocidade de corrida, McMahon e Cheng, (1990) encontraram em seu estudo que em velocidades maiores ocorre um aumento da FRS e em consequência disso a variação do comprimento da perna é maior. E como a  $K_{leg}$  é diretamente proporcional a FRS e inversamente proporcional a variação do comprimento da perna, com o aumento dessas duas variáveis a  $K_{leg}$  permanece inalterada.

## 6 CONCLUSÃO

Diante do exposto é possível apontar que quando submetido a uma corrida em diferentes velocidades, sendo uma velocidade preferida (VP) e outra sugerida (VS), ocorre alterações dos parâmetros do sistema massa mola (SMM), especificamente um aumento da rigidez vertical ( $K_{vert}$ ) com o aumento da velocidade, enquanto que a rigidez da perna ( $K_{leg}$ ) permaneceu inalterada com o aumento da velocidade de corrida.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, D. B. et al. Corrida de rua: uma análise qualitativa dos aspectos que motivam sua prática. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, Taguatinga-DF, v. 26, n. 3, p. 88-95, 2018.
- AMADIO, A. C. et al. Introdução à biomecânica para análise do movimento humano: descrição e aplicação dos métodos de medição. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos-SP, v.3, n. 2, p. 41-54, 1999.
- ARAMPATZIS, A.; BRÜGGEMANN, G.; METZLER, V. The effect of speed on leg stiffness and joint kinetics in human running. **Journal of biomechanics**, New York v. 32, n. 12, p. 1349-1353, 1999.
- AVOGADRO, P. et al. The use of treadmill ergometers for extensive calculation of external work and leg stiffness during running. **European journal of applied physiology**, Berlin, v. 92, n. 1-2, p. 182-185, 2004.
- BALBINOTTI, Marcos Alencar Abaide et al. Perfis motivacionais de corredores de rua com diferentes tempos de prática. **Rev. Bras. Ciênc. Esporte**, Porto Alegre, v.37, n.1, p. 65-73, mar. 2015.
- BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C.; AGOPYAN, H.; MORIN, J. B. The validity and reliability of an iPhone app for measuring running mechanics. **Journal of applied biomechanics**, Champaign, v. 33, n. 3, p. 222-226, 2017.
- BASTOS, F. C.; PEDRO, M. A. D.; PALHARES, J. M. Corrida de rua: Análise da produção científica em universidades paulistas. **Revista Mineira de Educação Física**, Viçosa, v. 17, n. 2, p. 76-86, 2009.
- BRUGHELLI, M. et al. Understanding change of direction ability in sport. **Sports medicine**, Auckland, v. 38, n. 12, p. 1045-1063, 2008.
- CAVAGNA, G. A.; HEGLUND, N. C.; WILLEMS, P. A. Effect of an increase in gravity on the power output and the rebound of the body in human running. **Journal of Experimental Biology**, London, v. 208, n. 12, p. 2333-2346, 2005.
- DA SILVA, S. R. A.; FRAGA, C. H. W.; GONÇALVES, M. Efeito da fadiga muscular na biomecânica da corrida: uma revisão. **Motriz rev. educ. fis.**, Rio Claro-SP, v. 13, n.3, p.225-235, 2007.
- DALLARI, M. M. **Corrida de rua: um fenômeno sociocultural contemporâneo**. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. p.129. 2009.
- FARLEY, C. T.; GONZALEZ, O. Leg stiffness and stride frequency in human running. **Journal of biomechanics**, New York, v. 29, n. 2, p. 181-186, 1996.

GALLAHUE, D. L.; OZMUN, J. C.; GOODWAY, J. D. **Compreendendo o desenvolvimento motor-: bebês, crianças, adolescentes e adultos**. Porto Alegre: AMGH Editora, 2013.

GORDON, C.C.; CHUMLEA, W.C.; ROCHE, A.F. Stature, recumbent length, and weight. In: LOHMAN, T.G.; ROCHE, A.F.; MARTORELL, R (Eds.). **Anthropometric standardization reference manual**. Champaign: Human Kinetics, 1988. p. 3-8.

HE, J. P.; KRAM, R.; MCMAHON, T. A. Mechanics of running under simulated low gravity. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 71, n. 3, p. 863-870, 1991.

HINO, A. A. F. et al. Prevalência de lesões em corredores de rua e fatores associados. **Rev Bras Med Esporte**, Niterói, v. 15, n. 1, p. 36-9, 2009.

JORDAN, K.; CHALLIS, J. H.; NEWELL, K. M. Walking speed influences on gait cycle variability. **Gait & posture**, Oxford, v. 26, n. 1, p. 128-134, 2007.

KYRÖLÄINEN, H.; BELLI, A.; KOMI, P. V. Biomechanical factors affecting running economy. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, Hagerstown, v. 33, n. 8, p. 1330-1337, 2001.

LE MEUR, Yann et al. Spring-mass behaviour during the run of an international triathlon competition. **International journal of sports medicine**, Stuttgart, v. 34, n. 08, p. 748-755, 2013.

MCMAHON, T. A.; CHENG, G. C. The mechanics of running: how does stiffness couple with speed?. **Journal of biomechanics**, New York, v. 23, p. 65-78, 1990.

MORIN, J. B. et al. A simple method for measuring stiffness during running. **Journal of applied biomechanics**, Champaign, v. 21, n. 2, p. 167-180, 2005.

PAZIN, J. et al. Corredores de rua: características demográficas, treinamento e prevalência de lesões. **Rev bras cineantropom desempenho hum**, Florianópolis-SC, v. 10, n. 3, p. 277-82, 2008.

PINHEIRO, Alan Petrônio. **Developing of a motion capture system based on computer vision techniques**. 2008. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

ROJO, J. R. et al. Transformações no modelo de Corridas de Rua no Brasil: um estudo na "Prova Rústica Tiradentes". **Revista brasileira de ciência e movimento**, Taguatinga-DF, v. 25, n. 1, p. 19-28, 2017.

SALGADO, J. V. V.; CHACON-MIKAHIL, M. P. T. Street race: analyses of the growth of the number of competitions and practitioners. **Conexões**, Campinas-SP, v. 4, n. 1. p. 100-109, 2006.

SERPELL, B. G. et al. A review of models of vertical, leg, and knee stiffness in adults for running, jumping or hopping tasks. **Journal of sports sciences**, London, v. 30, n. 13, p. 1347-1363, 2012.

TARTARUGA, M. P. **Relação entre economia de corrida e variáveis biomecânicas em corredores fundistas**. Dissertação (Mestrado em Ciências do Movimento Humano) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto alegre, 2008.

VERKERKE, G. J. et al. Measuring changes in step parameters during an exhausting running exercise. **Gait & posture**, Oxford, v. 8, n. 1, p. 37-42, 1998.