



# Revista de Educação Física

## Journal of Physical Education

Home page: [www.revistadeeducacaofisica.com](http://www.revistadeeducacaofisica.com)



Artigo Original

Original Article

## Influência da modulação da frequência de passada sobre frequência cardíaca e comprimento de passada na corrida de 400 metros: um estudo experimental

### *Influence of Stride Frequency Modulation on Heart Rate and Stride Length in the 400-Meter Run: An Experimental Study*

Wesley Albano Ferreira<sup>§1</sup>; Rodrigo Rico Bini<sup>2</sup> PhD

Recebido em: 27 de outubro de 2019. Aceito em: 19 de junho de 2020.

Publicado online em: 28 de novembro de 2020.

DOI: 10.37310/ref.v89i2.849

#### Resumo

**Introdução:** A melhor relação entre comprimento e frequência de passada na corrida é objetivo de diversos estudos, porém a literatura não apresenta dados referentes à distância de 400 metros.

**Objetivo:** Avaliar a influência da modulação da frequência de passada (FP) na corrida de 400 metros sobre a frequência cardíaca (FC) e o comprimento da passada.

**Métodos:** Participaram do estudo 10 homens saudáveis ( $26 \pm 3$  anos). Realizaram-se três séries de 400 metros com intervalos de 5 minutos de repouso, utilizando: FP preferida; FP 10% menor; e FP 10% maior. Houve randomização da ordem das séries e a FC foi monitorada durante os testes e no repouso. Os dados de comprimento e FP, FC média durante a corrida, FC máxima e amplitude da FC na recuperação foram comparados utilizando testes *t* de Student, associados à avaliação da magnitude das diferenças (*effect sizes* – ES). Efeitos substanciais foram considerados quando grandes magnitudes de diferença ( $ES > 0,8$ ) e  $p < 0,05$  foram observados.

**Resultados:** Não houve diferença substancial para a FC média durante as corridas com diferentes relações entre frequência e comprimento de passada. Comparando FC média durante a corrida, FC máxima e amplitude desta no período de recuperação, não se observou diferença significativa segundo FP preferida e FP maior.

**Conclusão:** A variação na FP 10% maior ou menor do que a FP preferida não foi suficiente para afetar a FC.

**Palavras-chave:** atletismo, desempenho atlético, esforço físico, locomoção.

#### Pontos-Chave

- Houve diferença significativa entre as frequências de passada (FP).
- Não houve diferença significativa em frequência cardíaca (FC) de acordo com comprimentos de passada.
- Não houve diferença significativa em FC segundo FP preferida e FP maior.

#### Abstract

**Introduction:** The best relationship between length and stride frequency in running is the objective of several studies, however, the literature does not present data regarding the distance of 400 meters.

**Objective:** To assess the influence of stride frequency (SF) modulation in the 400-meter run on heart rate (HR) and stride length.

**Methods:** 10 healthy men ( $26 \pm 3$  years) participated in the study. Three series of 400 meters were performed with intervals of 5 minutes of rest, using: Preferred SF; 10% lower SF; and 10% higher SF. There was randomization of the order of the series and the HR was monitored during the tests and at rest. The length and SF

<sup>§</sup> Autor correspondente: Wesley Albano Ferreira – e-mail: [wesleycsn\\_jhs@hotmail.com](mailto:wesleycsn_jhs@hotmail.com)

Afiliações: <sup>1</sup>28º Grupo de Artilharia de Campanha, Criciúma, Santa Catarina, Brasil; <sup>2</sup>La Trobe, Rural Health School, College of Science, Health and Engineering, La Trobe University, Flora Hill Campus, Bendigo, VIC, Australia.

data, mean HR during the run, maximum HR and HR amplitude in recovery were compared using Student's t tests, associated with the evaluation of the magnitude of the differences (effect sizes - ES). Substantial effects were considered when large magnitudes of difference ( $ES > 0.8$ ) and  $p < 0.05$  were observed.

**Results:** There was no substantial difference for the average HR during the runs with different relationships between frequency and stride length. Comparing the mean HR during the run, the maximum HR and the amplitude of the latter during the recovery period, there was no significant difference according to preferred SF and higher SF.

**Conclusion:** The variation in SF 10% greater or less than the preferred SF was not enough to affect HR.

**Keywords:** track and field, athletic performance, physical exertion, locomotion.

#### Keypoints

- There was a significant difference between stride frequencies (SF).
- There was no significant difference in heart rate (HR) according to stride lengths.
- There was no significant difference in HR according to preferred SF and higher SF.

## Influência da modulação da frequência de passada sobre frequência cardíaca e comprimento de passada na corrida de 400 metros: um estudo experimental

### Introdução

A prova de 400 metros rasos caracteriza-se por ser a mais longa das provas de velocidade do atletismo. A velocidade de corrida é o produto do comprimento de passada pela frequência de passada(1). Nessa prova, o gasto energético tem influência sobre o resultado, pois, impacta o desempenho físico do atleta(2). Por conseguinte, encontrar a combinação ideal de comprimento/frequência de passada que proporcione uma dosagem adequada do gasto energético ao longo do percurso pode ser a chave para maximizar o desempenho.

A literatura exhibe vários estudos que examinaram as características mais importantes da passada. Segundo Ballreich(3), um aumento na velocidade média durante a corrida deve-se à diminuição no comprimento de passada – que leva ao aumento na frequência de passada ou, inversamente, ao aumento no comprimento de passada – que leva a uma diminuição no número de passadas e suas frequências. Enquanto alguns autores sugerem que o aumento da frequência de passada teria uma contribuição mais importante em provas de 100 metros(4,5), outros afirmam que aumentar o comprimento de passada seria mais importante(1,6,7). Hunter et al.(8) analisaram o assunto e afirmaram que um comprimento de passada mais longo é alcançado por meio do

desenvolvimento da força muscular, enquanto uma frequência de passada maior pode ser decorrente de um melhor desenvolvimento da velocidade de encurtamento muscular.

A demanda aeróbia, em uma velocidade controlada, tende a aumentar conforme o comprimento de passada é alongado ou encurtado em relação à condição preferida de um indivíduo(9-14). Martin e Morgan(15) concluíram que somente variações consideráveis (10% ou mais) no comprimento e na frequência de passada, a partir da combinação preferida do indivíduo, resultaram em aumento significativo na demanda aeróbia. No entanto, existem resultados conflitantes na literatura, como estudos que não mostram diferenças na eficiência e outros relatando uma diminuição desta(9,16,17). Hamill et al.(18), examinaram aumentos de 10% e 20% na frequência de passada na corrida em relação ao gasto energético e à frequência cardíaca em corridas aeróbias, não foram observadas alterações significativas. Todos esses estudos focalizaram corridas predominantemente aeróbias (e.g. distâncias maiores do que 3km), não tendo sido encontrado até o momento estudo envolvendo a corrida de 400 metros rasos. Na literatura, existem trabalhos prévios relacionados a corredores de 100 metros(5,6,19), porém, para a prova de 400 metros rasos não se investigou qual a melhor

relação entre comprimento e frequência de passada.

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da modulação da frequência e do comprimento de passada no desempenho na corrida de 400 metros, analisando a frequência cardíaca.

## Métodos

### *Desenho de estudo e amostra*

Estudo experimental, com amostra por conveniência, para o qual foram convidados a participar 40 alunos da Escola de Educação Física do Exército. O critério de inclusão foi ser corredor amador na prova de 400 metros, com experiência na realização dessa distância de corrida.

Tendo em vista que indivíduos que atingem a marca de 2900 metros na distância percorrida no teste de Cooper possuem uma frequência de passada preferida com ritmo mais constante e apresentam maior facilidade para trabalhar com a modulação dessa variável, o critério de exclusão foi percorrer uma distância inferior a 2900 metros no teste de Cooper ( $3150 \pm 122,5$  metros). O cálculo amostral foi conduzido utilizando modelo disponível em um pacote estatístico (Biostat 5.3, Instituto Mamiruaá, Brasil) assumindo uma média entre as diferenças proporcional a uma unidade de desvio-padrão para um poder de teste de 80%, nível de significância de 5%, utilizando teste t de Student para amostras pareadas com análise bilateral, resultando em 10 participantes.

### *Aspectos éticos*

A presente pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Centro Universitário Augusto Motta/Unisuam sob o registro CONEP CAAE: 46243715.4.0000.5235.

### *Variáveis de estudo*

As variáveis dependentes do estudo foram o desempenho na corrida de 400 metros e a variação na frequência cardíaca. As variáveis independentes foram a variação da frequência e do comprimento de passada.

### *Desempenho na corrida de 400 metros*

O desempenho na corrida de 400 metros (variável dependente) foi avaliado por meio do tempo gasto para percorrer essa distância.

### *Variação na frequência cardíaca*

A variação na frequência cardíaca (variável dependente) foi avaliada por meio dos batimentos por minuto.

### *Variações de frequência e de comprimento da passada*

A variação da frequência e do comprimento de passada foi a variável independente. Aumentando-se a frequência de passada estima-se uma diminuição no comprimento de passada para uma mesma distância(1,3,8). O método compreendeu modelos comparativos (e.g. três diferentes frequências de passadas) de arranjo cruzado, de forma que todos os participantes realizaram os três tipos de frequência de passada.

### *Covariáveis*

As covariáveis utilizadas para descrever a amostra foram a idade, a massa corporal e a estatura que compuseram o estudo para caracterização da amostra.

### *Procedimento experimental*

Previamente ao início do estudo, os convidados para participar foram solicitados a evitar a realização de treinamentos de alta intensidade e elevado volume anteriormente à realização das sessões de avaliação. Estas foram realizadas no turno da tarde (entre 14 e 18 horas) a fim de evitar influências do ritmo circadiano nas medidas obtidas(20).

O procedimento experimental se deu em duas sessões. A avaliação das frequências de passadas envolveram corridas de 400 metros, sendo que, na primeira sessão, os participantes realizaram apenas uma vez essa corrida e, na segunda sessão, realizaram três vezes, cada uma numa frequência de passadas diferente. O experimento se deu em uma pista oficial de atletismo.

Na primeira sessão, após uma explanação sucinta dos objetivos, bem como os procedimentos do estudo, os participantes foram apresentados aos equipamentos utilizados. Em seguida, foram explicados os riscos e benefícios do estudo e, logo após, foi entregue para cada participante o termo de consentimento livre e esclarecido, no qual constavam todas as informações sobre a pesquisa e foi colhida a assinatura para seu consentimento em participar do estudo.

Foram realizadas, então, as medidas antropométricas de cada participante (massa corporal e estatura) utilizando uma balança mecânica (Prix 2098PP, Toledo, Brasil) com estadiômetro acoplado. A seguir, realizou-se uma familiarização dos participantes com os procedimentos e foi realizada a avaliação para a determinação da frequência de passada preferida e do desempenho de cada avaliado a primeira raia interna da pista de atletismo. Posteriormente, foi feita a randomização da ordem dos testes realizados na segunda sessão de avaliações. Este arranjo permitiu que os participantes fossem pareados individualmente sem a necessidade de composição de um grupo controle.

No segundo dia, antes da execução das séries, os participantes foram lembrados dos procedimentos de execução das corridas. As três séries do segundo dia envolveram a realização das corridas de 400 metros na frequência de passada preferida, em uma frequência de passada 10% maior e em uma frequência de passada 10% menor (cada corrida de 400 metros é uma série). Essa ordem foi alternada entre os indivíduos da amostra e procurou-se que os participantes realizassem as três séries de 400 metros com tempo similar a fim de minimizar os efeitos da fadiga sobre os resultados do grupo de participantes.

O controle da frequência de passada foi realizado por um cronometrista por meio da contagem visual das passadas (passo-duplo de uma das pernas) juntamente com as parciais nas marcas de 100, 200 e 300 metros. As parciais serviram para fornecer feedback verbal aos avaliados durante a execução da corrida, a fim de ajustar a frequência desejada de passadas ao longo dos testes. O aquecimento foi livre.

Utilizou-se um smartphone (E410f, LG, Coreia do Sul), equipado com um acelerômetro tridimensional (BMC150, eCompass, Bosch, Alemanha) a fim de obtenção da aceleração do centro de massa dos avaliados por meio de um aplicativo (Accelerometer Monitor, Mobile Tools, Polônia). Este equipamento foi fixado na região inferior do dorso (face posterior da pelve), a fim de aproximar o acelerômetro da região sacral, posição estimada do centro de massa dos avaliados. Para tanto, utilizou-se um cinto de hidratação com compartimento que

permitiu a aderência do aparelho, a fim de monitorar a aceleração vertical do centro de massa, similar ao descrito por Neville et al.(21). Os dados de acelerometria foram adquiridos com frequência de 50 Hz durante a corrida de 400 metros. Ainda, a frequência cardíaca e a velocidade instantânea da corrida foram monitoradas durante todo o teste utilizando um frequencímetro com GPS acoplado (modelo Forerunner 910XT, Garmin, Suíça). Os dados de frequência cardíaca e velocidade foram adquiridos com frequência de 1 Hz.

Ao final dos 400 metros, o corredor deslocou-se o mais rapidamente possível para a lateral da pista, momento em que foram coletados, por cinco minutos, os dados da frequência cardíaca durante o período de recuperação.

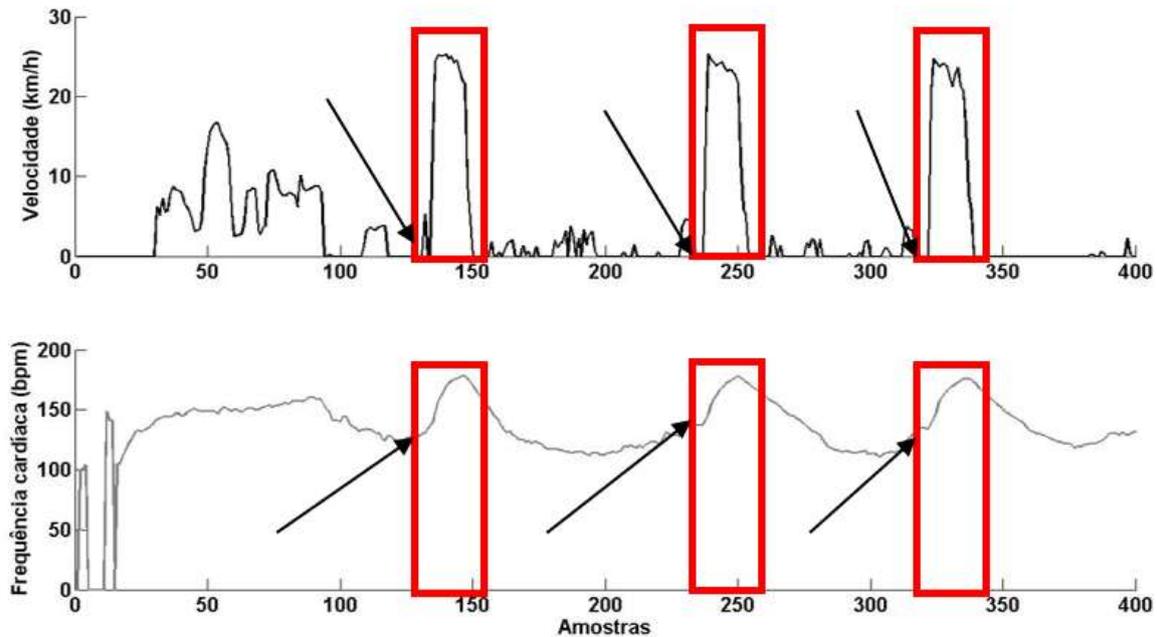
#### *Tratamento de dados*

Os dados de frequência cardíaca e velocidade foram exportados do frequencímetro utilizando aplicativo de monitoramento de treinamento (Training Center, Garmin, Suíça) e convertidos de formato GPX para arquivos de texto utilizando um módulo virtual ([www.gpsvisualizer.com](http://www.gpsvisualizer.com)). Após, estes foram analisados em conjunto utilizando programa computacional customizado (Comp\_Freq\_Corrída, linguagem Matlab, MathWorks Inc, Natick, EUA). Os dados de frequência cardíaca e velocidade foram inspecionados a fim de identificar os instantes de início e fim da corrida de 400 m. A Figura 1 apresenta a observação dos dados brutos de velocidade (painel superior) e frequência cardíaca (painel inferior) de um avaliado, durante a realização do aquecimento e das três séries de 400 metros. As setas indicam o início das séries e as áreas em vermelho ilustram os trechos relacionados com os tiros de 400 metros., como pode ser observado na Figura 1, sendo estes trechos utilizados para associação posterior com os dados de acelerometria.

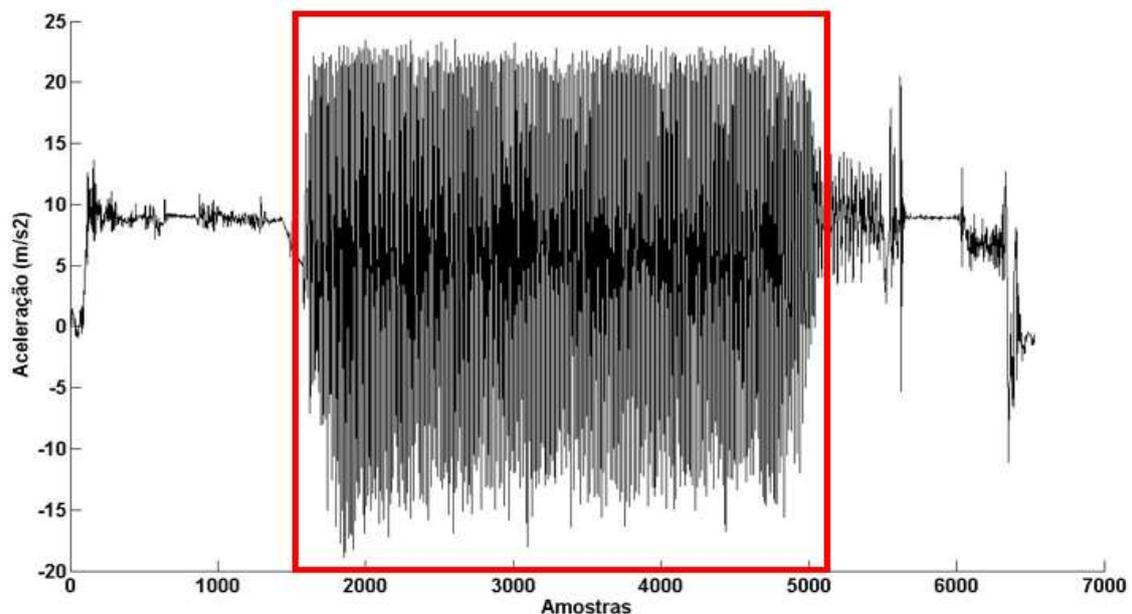
O tratamento de dados, exibido na Figura 1, permitiu identificar três instantes com velocidade média acima de 20 km/h, caracterizando os trechos onde foram realizadas as corridas de 400 metros. Estes instantes foram utilizados para a obtenção das medidas de frequência cardíaca em intervalos

de 100 metros. Os dados de aceleração foram inicialmente inspecionados a fim de identificação dos instantes associados à ocorrência de vibrações decorrentes da corrida. A Figura 2 exibe os dados de aceleração de

uma das séries de corrida de 400 metros, no qual se observa a oscilação da aceleração em valores próximos a 15-20 m/s<sup>2</sup>. A área em vermelho exibe o trecho relacionado com um tiro de 400 metros.



**Figura 1** – Ilustração dos dados brutos de velocidade (painel superior) e frequência cardíaca (painel inferior) de um avaliado durante a realização do aquecimento e das três séries de 400 metros. As setas indicam o início das séries e as áreas em vermelho ilustram os trechos relacionados com os tiros de 400 metros.



**Figura 2** – Ilustração dos dados de aceleração de uma das séries de corrida de 400 metros, onde as acelerações oscilam em valores próximos a 15-20 m/s<sup>2</sup>. A área em vermelho ilustra o trecho relacionados com um tiro de 400 metros.

Os dados de aceleração vertical foram, inicialmente, submetidos a filtragem digital de dupla entrada do tipo passa baixa (10 Hz – Butterworth), seguido de identificação automática dos passos realizados (picos de aceleração acima de 20 m/s<sup>2</sup>), utilizando um código computacional em Matlab (e.g. findpeaks). Os instantes de tempo associados com os picos de aceleração foram então subamostrados para 1 Hz, a fim de alinhamento posterior com os dados de velocidade de corrida. Os intervalos de tempo entre os passos foram convertidos em frequências de passos (Hz) e associados a velocidade de corrida (em m/s) a fim de determinar o comprimento do passo (em metros). A fim de minimizar efeitos da sincronização dos sinais, os dados de frequência e comprimento de passos, velocidade da corrida e frequência cardíaca foram convertidos em valores de média a cada 100 metros. A frequência cardíaca máxima foi determinada para cada série de 400 metros realizada em cada dia de avaliações. De forma paralela, a redução da frequência cardíaca durante o período de recuperação foi mensurada por meio do cálculo da amplitude da frequência cardíaca no intervalo de recuperação

### Análise estatística

A normalidade na distribuição dos dados foi avaliada utilizando o teste de Shapiro-Wilk. Após, os dados de comprimento e frequência de passada, frequência cardíaca média durante os testes, frequência cardíaca máxima, mínima e amplitude da frequência cardíaca na recuperação foram comparados utilizando testes t de Student, para amostras com distribuição não-homogênea, com análise bilateral em uma planilha de dados customizada (Excel 2007, Microsoft, EUA). O nível de significância assumido foi de 5%, sendo associado à avaliação da magnitude das diferenças (*effect sizes* – ES, obtido pela diferença entre as médias normalizada pelo desvio padrão dos grupos), realizada segundo Cohen (22). Efeitos substanciais foram considerados quando grandes magnitudes de diferença (ES>0.8) e p<0.05 foram observados.

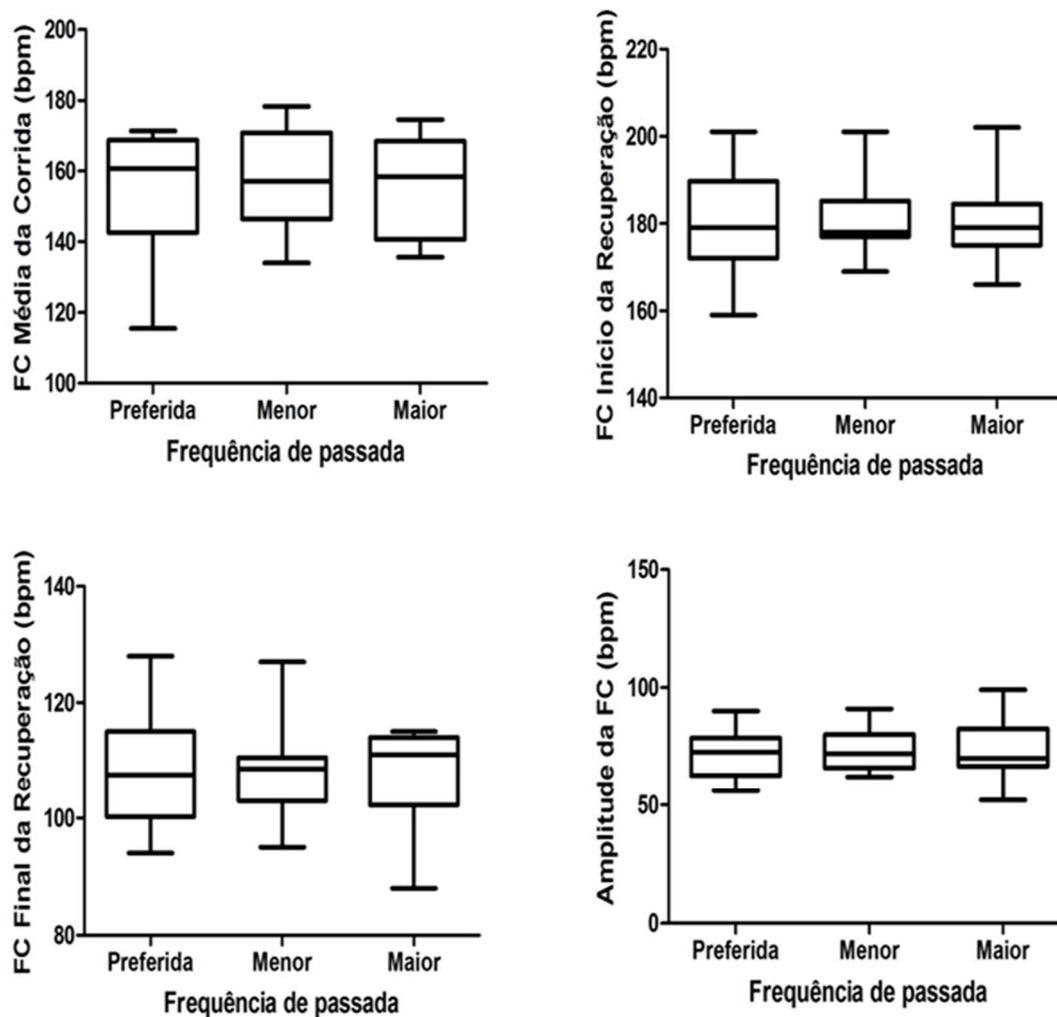
## Resultados

Dos 40 convidados para o estudo, 30 foram retirados pelo critério de exclusão. Assim, participaram do estudo 10 homens com média de idade de 26±3 anos, média de peso de 78,3±9,6 kg e média de altura de 175,9±6,7 cm.

Observou-se que a maior média obtida foi 3,6% maior do que a média de frequência de passada preferida. E a menor média de frequência de passada obtida foi 8,0% menor do que a média da frequência de passada preferida.

Quanto ao comprimento de passada, o maior valor obtido foi 8,1% maior do que o preferido e o menor comprimento de passada foi 8,2% menor do que o comprimento de passada preferido. Os resultados demonstraram não existir diferença significativa entre a frequência de passada preferida e a maior (p=0,24; ES=0,54), conforme se observa na Figura 3. A mudança da ordem entre os participantes também possibilitou menores diferenças na média do tempo do teste. O melhor tempo foi na frequência de passada preferida, na passada menor o tempo foi 1% acima e na passada maior 3%. Sendo assim, não se obteve diferença significativa na média do tempo e na média de velocidade de execução para os três tipos de frequência (Figura 3).

Na Figura 4 observamos que para a frequência cardíaca média durante a corrida não se obteve diferenças substancial entre as frequências de passada (preferida e menor: p = 0,55 e ES = 0,27; preferida e maior: p = 0,79 e ES = 0,12; maior e menor: p = 0,71 e ES = 0,17). Para a frequência cardíaca no início do período de recuperação também não se verificou diferenças substancial entre as séries (preferida e menor: p = 0,67 e ES = 0,19; preferida e maior: p = 0,80 e ES = 0,11; maior e menor: p = 0,85 e ES = 0,08). Para a frequência cardíaca no final do período de recuperação não se observou diferenças substancial entre as frequências (preferida e menor: p = 0,94 e ES = 0,03; preferida e maior: p = 0,89 e ES = 0,06; maior e menor: p = 0,81 e ES = 0,11). Para a amplitude da frequência cardíaca não se obteve diferenças substancial entre as séries (preferida e menor: p = 0,69 e



**Figura 4** – Diferenças na frequência cardíaca durante as séries e na recuperação

ES=0,18; preferida e maior:  $p = 0,72$  e ES=0,16; maior e menor:  $p = 0,98$  e ES = 0,01).

## Discussão

Tendo em vista a existência de estudos sobre corridas de 100 metros e corridas contínuas aeróbicas, porém sem um consenso quanto à melhor combinação de frequência e comprimento de passada, o presente estudo procurou verificar a influência da modulação da frequência de passada no desempenho na corrida de 400 metros, analisando a frequência cardíaca e o comprimento da passada. Este estudo apresenta contribuição para a literatura visto que estudos anteriores não realizaram tais comparações em pista, o que limita a validade ecológica das evidências existentes.

Os resultados mostram uma diferença significativa entre os comprimentos de passada

das três séries, entretanto essa diferença foi próxima a 8% (usando a combinação preferida como referência). Estudos anteriores, como o de Martin e Morgan(15), uma revisão de literatura que apontou que alterações inferiores a 10% não provocariam mudanças significativas na demanda aeróbia, isto é, em corridas prolongadas, sendo os testes realizados em esteira e com velocidade controlada. Além disso, os resultados não apontaram para uma diferença significativa entre a combinação preferida e quando a frequência de passada foi aumentada (3,6%), corroborando para o fato da frequência cardíaca não sofrer influência significativa entre as séries.

Hamill et al.(18) variaram a frequência de passada em -20%, -10%, +10% e +20% em relação a frequência de passada preferida,

realizando os testes em uma esteira, observando variações consideráveis na frequência cardíaca, exceto na passada 10% maior, sendo que o menor valor obtido para a frequência cardíaca foi na passada preferida e na passada 10% maior. Entretanto, isso deveu-se ao fato de três corredores inexperientes terem uma frequência de passada preferida menor do que a predita para eles (quando eles foram desconsiderados da amostra observou-se a menor frequência cardíaca na frequência de passada preferida). Contudo, no presente estudo, as frequências cardíacas foram similares para as três frequências de passada, podendo observar variações entre os indivíduos quanto a série com o menor valor de frequência cardíaca, não podendo estabelecer nenhuma relação.

Sendo assim, um fator importante para o atleta decidir qual a melhor combinação frequência-comprimento de passada será a análise de outros fatores fisiológicos e fatores biomecânicos que interferem no desempenho durante a corrida. Tartaruga et al.(23) observaram em corredores de longa distância que os dois principais parâmetros biomecânicos para maximizar a economia de corrida são a frequência e o comprimento de passada, sendo que quanto menor a frequência de passada melhor é a economia de corrida. Isto implica que a combinação ótima entre frequência e comprimento de passada de corredores treinados parece ser adquirida com o tempo de treinamento. Martin e Sanderson(24) defendem que esta combinação se apoiaria em um ajuste otimizado das relações força-comprimento-velocidade dos músculos envolvidos no gesto da corrida.

Ainda que seja consenso na literatura que a melhor economia de corrida em um atleta será na sua combinação frequência-comprimento preferida(9), protocolos de retraining podem ser eficientes para a correção da biomecânica da corrida, levando à uma frequência de passada maior, melhorando a economia de corrida e diminuindo o risco de lesões, promovendo adaptações permanentes no indivíduo(25).

#### *Pontos fortes e limitações do estudo*

O presente estudo destaca-se pela possibilidade de analisar a influência do comprimento/frequência de passada numa

prova curta (400 metros), verificando os reflexos na frequência cardíaca e contribuindo para um treinamento mais adequado para atletas dessa prova.

Dentre as limitações do presente estudo, está o tamanho amostral que, devido ao fato de grande parte dos convidados para participar não terem apresentado experiência suficiente para determinar a sua frequência de passadas preferida.

Além disso, o consumo de oxigênio dos participantes durante a corrida não foi realizado devido à ausência de equipamento adequado para tal mensuração em teste de campo. Essa medida facilitaria a avaliação da economia de corrida e na análise do desempenho nas diferentes séries.

Outra limitação foi que houve variações inferiores na frequência de passada em relação à desejada (10%), Tal fato pode ser devido ao fato de que os participantes amadores cujo desempenho da tarefa é inferior ao de atletas de alto rendimento.

Por fim, as forças articulares durante a corrida de 400 metros não foram objeto de análise, igualmente por falta de equipamento adequado para experimento de campo, o que permitiria análise do impacto articular / muscular decorrente das alterações na frequência de passada em corridas de velocidade.

## **Conclusão**

Os resultados desse estudo indicam existir relação inversamente proporcional entre a frequência de passada e o comprimento desta para corridas de 400 metros realizadas com desempenho (tempo total) similar. Contudo, não houve diferença substancial para a frequência cardíaca média durante as corridas com diferentes relações entre frequência e comprimento de passada. A frequência cardíaca máxima no início do período de recuperação e a amplitude da frequência cardíaca também permaneceram similares independentemente da relação comprimento-frequência de passada. Isso significa que a mudança da frequência de passada não interferiu substancialmente no desempenho e na frequência cardíaca, minimizando a sua influência no resultado da corrida. Porém, alterações maiores na frequência de passada

(e.g. 20% maior e 20% menor) aliadas a um programa de treinamento poderiam resultar em diferenças significativas no desempenho e na frequência cardíaca. Neste sentido, novos estudos podem ser desenvolvidos para dar prosseguimento a esta análise.

### *Agradecimentos*

Os autores agradecem a todos os participantes deste estudo.

### *Declaração de conflito de interesses*

Não há nenhum conflito de interesses em relação ao presente estudo.

### *Declaração de financiamento*

Não houve nenhum financiamento recebido para a pesquisa.

## **Referências**

- Mero AA, Komi PV. Effects of supramaximal velocity on biomechanical variables in sprinting. *Journal of Applied Biomechanics*. [Online] 1985;1(3): 240-252. Available from: doi: 10.1123/ijbsb.1.3.240
- Daniels JT. A physiologist's view of running economy. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1985;17(3): 332-338.
- Ballreich R. Model for estimating the influence of stride length and stride frequency on the time in sprinting events. In: Komi PV, editor. *Biomechanics VB*. 1976; Baltimore. University Park Press; 1976. 208-212 p.
- Ae M, Ito A, Suzuki M. *The men's 100 metres. New studies in Athletics*. [Scientific Research Project at the III World Championship in Athletics 1991]. 1992;7(1): 47-52.
- Bezodis IN, Salo AIT, Kerwin DG. *A longitudinal case study of step characteristics in a world class sprint athlete*. International Conference on Biomechanics in Sports 2008; 2008. 537-540 p.
- Mackala K. Optimisation of performance through kinematic analysis of the different phases of the 100 metres. *New studies in Athletics*. 2007;22(2): 7-16.
- Shen W, editor. *The effects of stride length and frequency on the speeds of elite sprinters in 100-meter dash*. Biomechanical Proceedings of XVIII International Symposium of Biomechanics in Sports. 2000.
- Hunter JP, Marshall RN, McNair PJ. Interaction of step length and step rate during sprint running. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. [Online] 2004;36(2): 261-71. Available from: doi:10.1249/01.MSS.0000113664.15777.53.
- Cavanagh PR, Williams KR. The effect of stride length variation on oxygen uptake during distance running. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. [Online] 1982;14(1): 30-35. Available from: doi:10.1249/00005768-198201000-00006.
- Cotes JE, Meade F. The energy expenditure and mechanical energy demand in walking. *Ergonomics*. [Online] 1960;3(2): 97-119. Available from: doi:10.1080/00140136008930473.
- Heinert L, Serfass RC, Stull GA. Effect of stride length variation on oxygen uptake during level and positive grade treadmill running. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. [Online] 1988;59(2): 127-130. Available from: doi:10.1080/02701367.1988.10605489.
- Knuttgen HG. Oxygen uptake and pulse rate while running with undetermined and determined stride lengths at different speeds. *Acta Physiologica Scandinavica*. [Online] 1961;52(3-4): 366-371. Available from: doi:10.1111/j.1748-1716.1961.tb02232.x.
- Morgan DW, Martin PE. Effects of stride length alteration on racewalking economy. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*. 1986;11(4): 211-217.
- Powers SK, Hopkins P, Ragsdale MR. Oxygen uptake and ventilatory responses to various stride lengths in trained women. *American Journal of Therapeutics*. 1982;36(1): 5-8.
- Martin PE, Morgan DW. Biomechanical considerations for economical walking and

- running. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1992;24(4): 467-474.
16. Dallam GM, Wilber RL, Jadelis K, Fletcher G, Romanov N. Effect of a global alteration of running technique on kinematics and economy. *Journal of Sports Sciences*. [Online] 2005;23(7): 757-764. Available from: doi:10.1080/02640410400022003.
  17. Messier SP, Cirillo KJ. Effects of a verbal and visual feedback system on running technique, perceived exertion and running economy in female novice runners. *Journal of Sports Sciences*. [Online] 1989;7(2): 113-126. Available from: doi:10.1080/02640418908729830.
  18. Hamill J, Derrick TR, Holt KG. Shock attenuation and stride frequency during running. *Human Movement Science*. [Online] 1995;14(1): 45-60. Available from: doi:10.1016/0167-9457(95)00004-C.
  19. Bezodis IN, editor. Investigations of the step length-step frequency relationship in sprinting: applied implications for performance. 30th Annual Conference of Biomechanics in Sports; 2012.
  20. Teo W, Newton MJ, McGuigan MR. Circadian rhythms in exercise performance: Implications for hormonal and muscular adaptation. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2011;10(4): 600-606.
  21. Neville J, Rowlands D, Wixted A, James D. Determining over ground running speed using inertial sensors. *Procedia Engineering*. [Online] 2011;13: 487-492. Available from: doi:10.1016/j.proeng.2011.05.119.
  22. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2nd ed. Hillsdale, NJ - USA: Routledge Academic; 1988. 8-14 p.
  23. Tartaruga MP, Brisswalter J, Peyré-Tartaruga LA, Ávila AOV, Alberton CL, Coertjens M, et al. The relationship between running economy and biomechanical variables in distance runners. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. [Online] 2012;83(3): 367-375. Available from: doi:10.1080/02701367.2012.10599870.
  24. Martin PE, Sanderson DJ. *Biomechanics of walking and running*. In: Garret WE, Kirkendal D, editor. Exercise and Sport Science. 1st ed. Philadelphia, PA - USA: Lippincott Williams & Wilkins; 2000. 639-659 p.
  25. Hafer JF, Brown AM, deMille P, Hillstrom HJ, Garber CE. The effect of a cadence retraining protocol on running biomechanics and efficiency: a pilot study. *Journal of Sports Sciences*. 2015;33(7): 724-731. Available from: doi:10.1080/02640414.2014.962573