

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS – FAEFID**

**Guilherme Garcia Matta**

**Efeito da velocidade inicial no desempenho e alterações mecânicas da corrida  
em ultramaratona de 6 horas**

**Orientador: Prof. Dr. Jorge Roberto Perrout de Lima**

**Juiz de Fora  
2018**

**GUILHERME GARCIA MATTA**

**Efeito da velocidade inicial no desempenho e alterações mecânicas da corrida  
em ultramaratona de 6 horas**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Física, área de concentração Estudos do Esporte e suas Manifestações, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do grau de mestre em Educação Física.

**Orientador: Jorge Roberto Perrout de Lima**

**Juiz de Fora  
Junho de 2018**

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Matta, Guilherme.

Efeito da velocidade inicial no desempenho e alterações mecânicas da corrida em ultramaratona de 6 horas / Guilherme Matta. -- 2018.

61 p.

Orientador: Jorge Roberto Perrout de Lima

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Universidade Federal de Viçosa, Faculdade de Educação Física. Programa de Pós-Graduação em Educação Física, 2018.

1. Estratégia de pacing. 2. Ultramaratona. 3. Biomecânica. 4. Fisiologia aplicada. I. Perrout de Lima, Jorge Roberto, orient. II. Título.

**GUILHERME GARCIA MATTA**

**Efeito da velocidade inicial no desempenho e alterações mecânicas da corrida  
em ultramaratona de 6 horas**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física, da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Educação Física.

Aprovada em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Doutor Jorge Roberto Perrout de Lima – Orientador  
Universidade Federal de Juiz de Fora

---

Doutor Maurício Gattás Bara Filho  
Universidade Federal de Juiz de Fora

---

Doutor Adriano Eduardo Lima da Silva  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

*“Most of us go through life never coming close to our limits and living only on wishes. Wishes are important; they’re the start of great feats. Wishes grow into dreams when you are able to mentally “see” yourself accomplish this wish. Dreams turn into goals when a plan for attaining them is defined. Goals become a mission when unwavering self-belief and purposeful zeal are realized. Big challenges require mission status. The difference between a goal and a mission is attitude. Passionate commitment is self-evident in successful missions. With proper attitude, almost anything is possible. What you believe, you will achieve.”*

*– Joe Friel*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais, Sérgio e Priscila, que nunca mediram esforços para me incentivar na busca pelos meus objetivos e acreditarem em mim. À minha irmã, Laís, pelo apoio e suporte, compartilhando sempre da minha felicidade.

Ao Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Matta, por sempre me apoiar e auxiliar na ampliação do meu conhecimento e ter me incentivado desde o início da minha graduação até o dia de hoje.

Gostaria de agradecer à minha namorada, Carol, por sempre me estimular e extrair o meu melhor, sempre me apoiando nas minhas decisões. Seu apoio e companheirismo são fundamentais para essa conquista. Obrigado pela paciência nos momentos difíceis, pelo seu carinho e por me ajudar a ser uma pessoa melhor.

Especialmente aos meus amigos, Arthur Henrique Souza Neto Bossi e Pedro Henrique Prazeres de Lima, pelas incontáveis horas de discussão e pelos sábios conselhos para a construção deste trabalho. Foram vocês os que me fizeram apaixonar pela da ciência desde minha graduação, e por isso sou extremamente grato aos dois. O apoio de vocês foi fundamental para essa conquista.

Ao amigo Jefferson Verbena de Freitas, pelo apoio incondicional e consideração pelo meu trabalho. Nossas discussões foram sempre muito produtivas e seu apoio nos momentos mais difíceis foram fundamentais para a conclusão deste processo. Obrigado por todo o esforço despendido e a me ajudar a ampliar meu campo de visão.

Gostaria de agradecer também a todas as pessoas que se disponibilizaram a me auxiliar nas coletas de dados, principalmente aos amigos Daniel Tostes Lucas, Hudson Cumani Carvalho e Fernando José Prata Bussular por me ensinarem o verdadeiro sentido da palavra amizade. Obrigado por estarem sempre presente.

A todos os voluntários que abraçaram esse desafio e se entregaram de corpo e alma ao estudo. Sem vocês, simplesmente não existiria pesquisa científica. A dedicação e o amor ao esporte de vocês é o que nos move, nos incentiva a crescer e a continuar buscando o conhecimento cada dia mais.

Ao meu orientador Prof. Dr. Jorge Roberto Perrou de Lima por me ensinar cada vez mais sobre como ser prático e encarar a vida com humildade. Obrigado por fazer parte desta conquista.

Agradeço imensamente aos pesquisadores Prof. Dr. James G. Hopker e Prof. Dr. Guillaume Y. Millet, que foram sempre solícitos a esclarecerem uma série de dúvidas e mesmo de longe, foram essenciais na construção deste trabalho.

A todos que de alguma forma contribuíram e torceram por mim, o meu muito obrigado!

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi descrever a estratégia de *pacing* adotada por corredores durante uma ultramaratona de 6 horas e investigar o efeito de uma velocidade inicial lenta no desempenho, percepção subjetiva de esforço (PSE), fadiga (ROF) e alterações mecânicas. Dezesesseis ultramaratonistas foram recrutados e incluídos na parte descritiva (parte 1) deste estudo. Durante a parte experimental (parte 2), 10 atletas realizaram uma terceira sessão subsequente. O estudo contou com 3 sessões de teste: 1) teste de velocidade crítica; 2) ultramaratona de 6 horas *self-paced* (primeira prova); e 3) ultramaratona de 6 horas com manipulação da velocidade inicial (segunda prova). Durante a primeira prova, os atletas foram instruídos a completarem uma ultramaratona de 6 horas em pista de atletismo, a fim de atingir a maior distância possível. Quatro semanas depois, os participantes foram submetidos a uma segunda ultramaratona de 6 horas, na mesma pista de atletismo e no mesmo horário do dia, na qual eles foram solicitados a correr os primeiros 36 minutos da prova (*i.e.* primeiros 10%) em velocidades ~18% mais baixas do que a média da velocidade inicial da primeira prova. Em ambas corridas, a PSE, ROF e mecânica de corrida foram coletadas em intervalos de tempo constantes. Os resultados mostraram que de forma geral, os atletas adotam uma estratégia de *pacing* com perfil sigmoide ( $F = 32,90$ ;  $P < 0,001$ ;  $\eta_p^2 = 0,69$ ), demonstrando um aumento linear na PSE ( $F = 30,27$ ;  $P < 0,001$ ;  $\eta_p^2 = 0,67$ ) e ROF ( $F = 56,04$ ;  $P < 0,001$ ;  $\eta_p^2 = 0,79$ ). O tempo de contato aumentou ( $F = 9,43$ ;  $P < 0,001$ ;  $\eta_p^2 = 0,39$ ) e o tempo de fase aérea diminuiu ( $F = 9,77$ ;  $P < 0,001$ ;  $\eta_p^2 = 0,39$ ) a partir de 1 hora de prova, enquanto que a amplitude de passada diminuiu ( $F = 9,92$ ;  $P < 0,001$ ;  $\eta_p^2 = 0,40$ ) após 2 horas e a frequência não se alterou ( $F = 0,90$ ;  $P = 0,45$ ;  $\eta_p^2 = 0,06$ ) durante a primeira prova. Apesar de uma velocidade média normalizada menor durante 10% de prova ( $P < 0,001$ ), e maiores durante 50% ( $P < 0,001$ ) e 90% ( $P = 0,034$ ), o desempenho não foi diferente entre as provas ( $57,5 \pm 10,2$  vs.  $56,3 \pm 8,5$  km;  $P = 0,298$ ). No entanto, os corredores diminuíram consistentemente a PSE ( $F = 3,46$ ;  $P < 0,001$ ;  $\eta_p^2 = 0,28$ ) e ROF ( $F = 2,30$ ;  $P = 0,010$ ;  $\eta_p^2 = 0,20$ ) durante toda segunda prova. Além disso, o tempo de contato foi menor e o tempo de fase aérea maior na segunda prova, na primeira volta ( $P < 0,001$ ) e 30 minutos ( $P < 0,004$ ). A amplitude de passada foi menor na primeira volta ( $P < 0,001$ ), com 30 minutos ( $P < 0,001$ ) e 1 hora ( $P = 0,047$ ), enquanto que frequência foi significativamente menor apenas com 30 minutos ( $P <$

0,001). Diminuir a velocidade inicial de prova em ~18% pode não afetar diretamente o desempenho, mas é capaz de diminuir o desenvolvimento da PSE e ROF. Finalmente, as mecânicas de corrida parecem ser influenciadas principalmente por mudanças na velocidade.

Palavras chave: taxa de trabalho; distribuição da intensidade; ultraendurance; desempenho.

## ABSTRACT

The aim of this study was to describe the pacing strategy adopted by runners during a 6-hour ultramarathon running race and investigate whether a slow-start affect overall performance, ratings of perceived exertion (RPE), ratings of fatigue (ROF) and running mechanics. Sixteen ultrarunners were recruited and took part of the first part of this study (descriptive). During the second part (experimental), 10 participants performed a third additional testing session. The study consisted of three sessions: 1) critical speed test; 2) self-paced 6-hour ultramarathon running race; and 3) 6-hour ultramarathon with initial speed manipulation. During the first race, the athletes were instructed to achieve the greatest possible distance in a 6-hour run in an athletics track. Four weeks later, they performed a second 6-hour ultramarathon, in which they were requested to run the initial 36 minutes (i.e. first 10% of the race) at speeds ~18% below their mean speed of the initial 36 min of the first race (self-paced). During both races, RPE, ROF and running mechanics were measured in consistent time-intervals. Our results showed that, in general, athletes adopted a sigmoid pacing strategy ( $F = 32.90$ ;  $P < 0.001$ ;  $\eta_p^2 = 0.69$ ), increasing linearly their RPE ( $F = 30.27$ ;  $P < 0.001$ ;  $\eta_p^2 = 0.67$ ) and ROF ( $F = 56.04$ ;  $P < 0.001$ ;  $\eta_p^2 = 0.79$ ). The contact times increased ( $F = 9.43$ ;  $P < 0.001$ ;  $\eta_p^2 = 0.39$ ) and aerial times decreased ( $F = 9.77$ ;  $P < 0.001$ ;  $\eta_p^2 = 0.39$ ) after 1 hour of the race, whereas the stride length was lower ( $F = 9.92$ ;  $P < 0.001$ ;  $\eta_p^2 = 0.40$ ) after 2 hours and stride frequency did not change ( $F = 0.90$ ;  $P = 0.45$ ;  $\eta_p^2 = 0.06$ ) during the first race. Despite lower normalised mean speeds during the first 10%-time interval ( $P < 0.001$ ), and greater speeds at 50% ( $P < 0.001$ ) and 90% ( $P = 0.034$ ) of the second race, overall performance was not different between races ( $57.5 \pm 10.2$  vs.  $56.3 \pm 8.5$  km;  $P = 0.298$ ). However, runners decreased their RPE ( $F = 3.46$ ;  $P < 0.001$ ;  $\eta_p^2 = 0.28$ ) and ROF consistently throughout the second race ( $F = 2.30$ ;  $P = 0.010$ ;  $\eta_p^2 = 0.20$ ). Moreover, contact times were higher and aerial times shorter during the second race, during the first lap ( $P < 0.001$ ) and at 30 minutes ( $P < 0.004$ ). The stride length was lower during the first lap ( $P < 0.001$ ), 30 minutes ( $P < 0.001$ ) and 1 hour ( $P = 0.047$ ), whereas stride frequency was lower only at 30 minutes ( $P < 0.001$ ). Decreasing initial speed by ~18% might not affect 6-hour ultramarathon performances, but it lowers the development of RPE and ROF. Finally, running mechanics seem to be affected mainly by changes in running speed.

Key words: work rate; intensity distribution; ultraendurance; performance.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tabela descritiva dos participantes. ....	19
Tabela 2. Variáveis avaliadas apenas antes de cada prova (n = 10). *Diferença significativa entre cada prova ( $P \leq 0,05$ ). ....	31
Tabela 3. Análise das variáveis coletadas antes e após cada prova (n = 10). *Diferença significativa entre o pré e pós da primeira prova. #Diferença significativa entre o pré e pós da segunda prova ( $P \leq 0,05$ ). ....	31

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Número anual de publicações indexadas na base de dados PubMeb de 1970 a 2015, a partir de uma pesquisa sobre “ultramarathon OR ultra-marathon OR ultrarunner OR ultra-runner OR ultrarunning OR ultra-running OR ultra-endurance running” (HOFFMAN, 2016).....	15
Figura 2. Delineamento experimental do estudo. TQR: qualidade total de recuperação; ROF: escala de fadiga; CMJ: salto contra-movimento. ....	20
Figura 3. Estratégia de pacing geral adotada pelos participantes (n = 16) em ultramaratona de 6 horas (média ± DP). *Diferença significativa de 10%. #Diferença significativa de 100%. ( $P \leq 0,05$ ).....	25
Figura 4. Desenvolvimento da PSE e ROF durante ultramaratona de 6 horas (média ± DP). *Diferença significativa na PSE em comparação a 12 minutos. #Diferença significativa nas duas variáveis (PSE e ROF) em comparação a 6 horas. §Diferença significativa na ROF em comparação a 12 minutos ( $P \leq 0,05$ ). ....	26
Figura 5. Mudanças na mecânica de corrida durante ultramaratona de 6 horas, medidas durante a primeira volta e a cada 30 minutos (média ± DP). a: tempo de contato; b: tempo da fase aérea; c: amplitude de passada; d: frequência de passada. *Diferença significativa em relação a primeira volta (i.e. ponto de tempo 0:00) ( $P \leq 0,05$ ).....	27
Figura 6. Estratégia de pacing adotada pelos atletas (n = 10) durante as duas provas (média ± DP). *Diferença significativa entre as provas no ponto de tempo ( $P \leq 0,05$ ). ....	28
Figura 7. Desenvolvimento da PSE e ROF durante as duas provas (média ± DP). *Diferença significativa entre as provas no ponto de tempo ( $P \leq 0,05$ ).....	29
Figura 8. Mudanças mecânicas da corrida entre as duas ultramaratonas de 6 horas na primeira volta e a cada 30 minutos (média ± DP). a: tempo de contato; b: tempo da fase aérea; c: amplitude de passada; d: frequência de passada. *Diferença significativa entre as provas no ponto de tempo ( $P \leq 0,05$ ). ....	30

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IAAF – *International Association of Athletics Federations*

IAU – *International Association of Ultrarunners*

CBAAt – Confederação Brasileira de Atletismo

PSE – Percepção subjetiva de esforço

bpm – batimentos por minuto

$t_c$  – Tempo de contato

$t_a$  – Tempo da fase aérea

SL – Amplitude de passada

SF – Frequência de passada

ROF – Escala de fadiga

TQR – Qualidade total de recuperação

CMJ – Salto contra-movimento

$D'$  – Capacidade de trabalho anaeróbio

DP – Desvio padrão

UA – Unidades arbitrárias

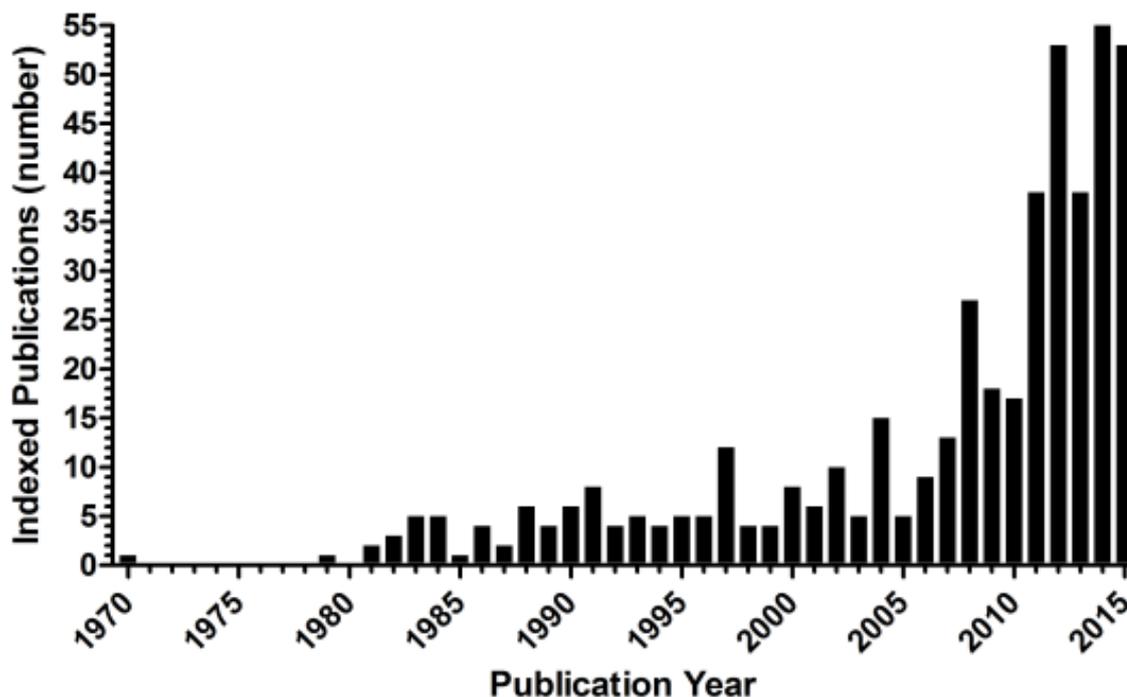
## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>MÉTODOS</b> .....	<b>19</b>
3.1	Participantes .....	19
3.2	Delineamento experimental .....	19
3.3	Primeira sessão .....	20
3.4	Ultramaratonas de 6 horas .....	22
3.5	Análise estatística.....	24
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>25</b>
4.1	Parte 1 .....	25
4.2	Parte 2 .....	27
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>32</b>
5.1	Parte 1 .....	32
5.2	Parte 2 .....	38
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>42</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>43</b>
	<b>APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO</b> ...	<b>54</b>
	<b>ANEXO A – ESCALA ROF (RATINGS OF FATIGUE)</b> .....	<b>57</b>
	<b>ANEXO B – QUESTIONÁRIO DE MOTIVAÇÃO</b> .....	<b>58</b>
	<b>ANEXO C – ESCALA TQR (TOTAL QUALITY RECOVERY)</b> .....	<b>59</b>
	<b>ANEXO B – ESCALA PSE (PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO)</b> .....	<b>60</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As ultramaratonas podem ser definidas como corridas pedestres que extrapolam a distância tradicional da maratona (>42,2 km) (MARTIN *et al.*, 2010; HOFFMAN, 2016), incluindo provas por tempo ou distância limitada (HOFFMAN e KRISHNAN, 2013). As provas de tempo limitado (*i.e.* geralmente 6, 12, 24 e 48 horas), exigem que os atletas realizem o maior número de voltas em um circuito fechado, a fim de percorrer a maior distância possível. Já as provas de distância determinada, sendo as mais tradicionais competições de 50, 100 e 160 km, podem ocorrer tanto em circuito, como em trilhas (HOFFMAN, 2008) ou estradas (LAMBERT *et al.*, 2004) com largada e chegada em pontos diferentes. Além disso, também inclui competições de estágios em dias diferentes, nas quais os corredores atravessam países ou até mesmo continentes (KNECHTLE e NIKOLAIDIS, 2018). As ultramaratonas foram oficialmente reconhecidas pela IAAF (*International Association of Athletics Federations*), apenas em 1988, através da IAU (*International Association of Ultrarunners*), sendo considerado o órgão responsável pela disseminação do esporte ao redor do mundo. No entanto, a CBAAt (Confederação Brasileira de Atletismo) se filiou à IAU apenas em 2017, profissionalizando a modalidade no Brasil.

Apesar de apenas recentemente, as ultramaratonas terem sido reconhecidas oficialmente e portanto, serem consideradas uma “nova” modalidade, existem relatos de corridas pedestres em 1874 com duração de 6 dias, nos Estados Unidos (NOAKES, 2006). Nestas provas, os atletas se submetiam a correr e/ou andar por 144 horas ao redor de uma pista oval indoor, de geralmente 100 metros de comprimento, a fim de percorrer a maior distância possível. Atualmente, o crescimento na popularidade das provas de ultramaratona (HOFFMAN e WEGELIN, 2009; HOFFMAN *et al.*, 2010; ZINGG, M. *et al.*, 2013; ZINGG, M. A. *et al.*, 2013; CEJKA *et al.*, 2014), através do aumento do número de participantes e competições, foi acompanhado por uma evolução na atividade científica em relação a este esporte na última década (Figura 1) (HOFFMAN, 2016). Portanto, pesquisas com ultramaratonas oferecem um amplo campo de investigação científica, além de proporcionar uma abundância de parâmetros a serem analisados e oportunidades de pesquisa.



**Figura 1.** Número anual de publicações indexadas na base de dados PubMed de 1970 a 2015, a partir de uma pesquisa sobre “ultramarathon OR ultra-marathon OR ultrarunner OR ultra-runner OR ultrarunning OR ultra-running OR ultra-endurance running” (HOFFMAN, 2016).

Dentre os fatores estudados que se relacionam ao desempenho em diferentes modalidades esportivas, as estratégias de  *pacing*  têm recebido relativa atenção na literatura científica (FOSTER *et al.*, 1994; LIMA-SILVA *et al.*, 2010; DÍAZ *et al.*, 2018). Especificamente, as estratégias de  *pacing*  podem ser definidas como a distribuição da taxa de trabalho (*i.e.* intensidade do exercício) durante uma competição esportiva (ABBISS e LAURSEN, 2008; TUCKER e NOAKES, 2009), de forma que os atletas alcancem a linha de chegada no menor tempo possível ou à frente de outros competidores. De acordo com Abbiss e Laursen (2008) e Thompson (2014), as estratégias de  *pacing*  podem ser divididas em: a) *all-out*; b) positiva; c) negativa; d) constante; e) parabólica; e f) variável. A estratégia *all-out*, demonstra um perfil no qual o atleta produz a máxima velocidade possível no início do exercício, buscando mantê-la até o final. Na estratégia positiva, o atleta exibe uma velocidade inicial alta, diminuindo progressivamente ao longo da prova. Já a estratégia negativa requer o contrário, na qual o atleta inicia lentamente, aumentando a velocidade ao longo da competição. No perfil constante, a intensidade do exercício apresenta pouca variação, sendo distribuída uniformemente ao longo do percurso. Os perfis parabólicos, podem

ser subdivididos em formatos de “U”, “J” e “J-reverso”, nos quais o atleta adota uma velocidade inicial alta, diminuindo durante a metade do evento e voltando a aumentá-la nas porções finais. Por fim, uma estratégia variável exhibe aumentos e decréscimos da velocidade ao longo da competição, geralmente relacionadas a influências externas, como a topografia do percurso, condições climáticas ou aspectos táticos de outros competidores.

A literatura científica sugere que durante provas de resistência (>2 minutos de duração), os atletas devem adotar uma estratégia de  *pacing*  constante a fim de otimizar o desempenho (ABBISS e LAURSEN, 2008; ESTEVE-LANAO  *et al.*, 2014; HANLEY, 2015). Por exemplo, Padilla  *et al.* (2000), examinou a distribuição da velocidade de um atleta na tentativa bem sucedida de quebra do recorde mundial da hora no ciclismo de pista. Neste estudo, os autores demonstraram que a velocidade média do ciclista a cada volta exibiu uma variação muito baixa em relação a velocidade média total de 53,04 km·h<sup>-1</sup>, apresentando uma estratégia constante. Especificamente sobre as ultramaratonas, alguns estudos buscaram descrever as estratégias de  *pacing*  adotadas pelos corredores em provas de 100 a 160 km em percurso plano ou montanhoso (LAMBERT  *et al.*, 2004; PARISE e HOFFMAN, 2011; HOFFMAN, 2014; KNECHTLE  *et al.*, 2015; RÜST  *et al.*, 2015; RENFREE  *et al.*, 2016; TAN  *et al.*, 2016), ou mais recentemente, em provas de tempo limitado de 24 horas em pista de atletismo (TAKAYAMA  *et al.*, 2016; BOSSI  *et al.*, 2017).

De forma geral, os estudos com ultramaratonas citados acima, demonstraram que apesar do padrão geral representar que os atletas adotam uma estratégia de  *pacing*  positiva, os melhores corredores são capazes de limitar grandes flutuações na velocidade ao longo do percurso, exibindo uma estratégia mais constante em relação aos atletas mais lentos, caracterizado por uma velocidade inicial relativa mais baixa. Ainda, mesmo quando foram analisadas provas realizadas em percurso montanhoso (HOFFMAN, 2014; KNECHTLE  *et al.*, 2015), com variações no tipo de terreno, topografia e presença de obstáculos naturais, os melhores atletas foram aqueles que apresentaram menores variações na velocidade ao longo das provas. Da mesma forma, um estudo recente (BOSSI  *et al.*, 2017) encontrou uma correlação moderada negativa entre a velocidade inicial normalizada e o desempenho durante 5 edições de uma ultramaratona de 24 horas, sugerindo que os atletas devem adotar uma velocidade inicial conservadora para otimizar o desempenho, mesmo que esta hipótese não tenha sido testada experimentalmente. Apesar disso, nenhum dos

estudos anteriores usaram um design com característica experimental de análise (*i.e.* sem intervenção) (HOFFMAN, 2016) e ainda, não existem estudos objetivando analisar a estratégia de *pacing* adotada pelos corredores em ultramaratonas de 6 horas. Além disso, recentemente Abbiss *et al.* (2016), demonstrou uma diferença na forma como os atletas distribuem a intensidade de exercício entre provas de tempo e distância limitada, destacando a importância de se considerar este fator na análise do desempenho e da estratégia de *pacing*, e na planificação de uma periodização de treinamento. Considerando que cada competição é única (ESTEVE-LANAO *et al.*, 2014), compreendendo diferentes distâncias, tipos de terreno, condições climáticas e nível competitivo dos atletas, não é claro se estes resultados podem ser generalizados para diferentes tipos de ultramaratona e atletas de diferentes níveis de desempenho.

Além disso, têm sido demonstrado que as estratégias de *pacing* são reguladas internamente através do sistema nervoso central (ESTEVE-LANAO *et al.*, 2008; SMITS *et al.*, 2014; KONINGS *et al.*, 2017; KONINGS e HETTINGA, 2018) e portanto, as percepções individuais de esforço e fadiga possuem um importante papel na regulação da intensidade do exercício (LANDER *et al.*, 2009). Os estudos mencionados anteriormente, demonstraram que as estratégias de *pacing* são reguladas principalmente com base no conhecimento do final do exercício e de maneira antecipatória (ESTEVE-LANAO *et al.*, 2008; TUCKER, 2009), com o intuito de manter a homeostase interna do organismo e evitar fadiga prematura. Estudos prévios (ABBISS *et al.*, 2009; MICKLEWRIGHT *et al.*, 2009; MARCORA e STAIANO, 2010; KERHERVÉ, MCLEAN, *et al.*, 2017; SEILER e SYLTA, 2017) analisaram o comportamento da percepção subjetiva de esforço (PSE) (BORG, 1970) ao longo de diferentes sessões de testes com corredores e ciclistas, demonstrando que a PSE apresenta um aumento progressivo no decorrer do exercício, atingindo valores próximos ao máximo (~20 em uma escala de 6-20) ao final da atividade. Da mesma forma, um estudo realizado por Micklewright *et al.* (2009), apresentou o aumento linear da PSE ao longo de uma ultramaratona de 73 km em percurso montanhoso, corroborando os achados anteriores. Considerando a importância da PSE e fadiga na regulação interna da intensidade do exercício, surpreendentemente, existe uma atenção limitada na literatura científica atual a respeito de como essas variáveis se comportam durante provas de ultramaratona e se relacionam com a estratégia de *pacing*.

Outro fator relacionado ao desempenho em provas de ultramaratona diz respeito às mudanças mecânicas da corrida durante este tipo de prova. Um corpo crescente de pesquisas (MILLET *et al.*, 2011; MORIN, J.-B. *et al.*, 2011; MORIN, J. *et al.*, 2011; DEGACHE *et al.*, 2013; VERNILLO *et al.*, 2014; LAZZER *et al.*, 2015; VERNILLO *et al.*, 2015; DEGACHE *et al.*, 2016; GIOVANELLI *et al.*, 2016), têm demonstrado que os atletas são submetidos à fadiga a longo prazo durante o exercício, sofrendo alterações no seu padrão de corrida. As principais alterações na cinética do movimento são atribuídas à fadiga neuromuscular, o que pode levar os corredores a alterarem sua técnica e adotarem um padrão de corrida mais “seguro”, a fim de evitar danos musculares e articulares (DEGACHE *et al.*, 2016; KIM *et al.*, 2017; THOMPSON, 2017). Além disso, executar um padrão de corrida “ótimo”, através da aplicação de forças de magnitude apropriada e evitando a produção de movimentos desnecessários, parece ter uma influência direta na economia de corrida (THOMPSON, 2017). Desta forma, as cinéticas do movimento, como o tempo de contato do pé com o solo ( $t_c$ ), o tempo de fase aérea ( $t_a$ ), a amplitude (SL – “stride length”) e frequência de passada (SF – “stride frequency”), são fatores cruciais que podem influenciar o custo energético (MILLET *et al.*, 2012; MOORE, 2016; FOLLAND *et al.*, 2017). No entanto, as pesquisas anteriores não consideraram se diferentes estratégias de  *pacing* são capazes de produzir padrões de mudança diferentes na mecânica de corrida, de acordo com a distribuição da intensidade durante uma ultramaratona. Diante deste cenário, faltam estudos aplicando diferentes intervenções durante uma mesma atividade para comparar tais situações em ambiente controlado.

## 2 OBJETIVOS

Portanto, objetivos deste estudo foram primeiro, analisar e descrever a estratégia de  *pacing* adotada pelos atletas durante uma ultramaratona de 6 horas em pista de atletismo, evidenciando o comportamento da PSE e da fadiga ao longo da prova, além de apresentar as alterações mecânicas da corrida. Em seguida, implementar um design experimental em uma segunda ultramaratona de 6 horas, com o intuito de investigar se uma velocidade inicial de corrida mais lenta seria capaz de afetar o desempenho e a resposta da PSE, fadiga e mecânica de corrida.

### 3 MÉTODOS

#### 3.1 Participantes

Dezesseis participantes (Tabela 1) foram selecionados e compuseram a primeira parte do estudo (análise descritiva). Todos os participantes eram corredores treinados, que estavam realizando pelo menos 6 horas de treinamento por semana e completaram pelo menos uma ultramaratona (*i.e.*  $\geq 50$  km) durante os 6 meses que precederam a coleta de dados. Dos 16 participantes inicialmente selecionados, 10 (Tabela 1), completaram a segunda parte do estudo (intervenção experimental). Todos os participantes manifestaram concordância de participação através do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, sob o parecer de número 2.250.407 do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Juiz de Fora.

**Tabela 1.** Tabela descritiva dos participantes.

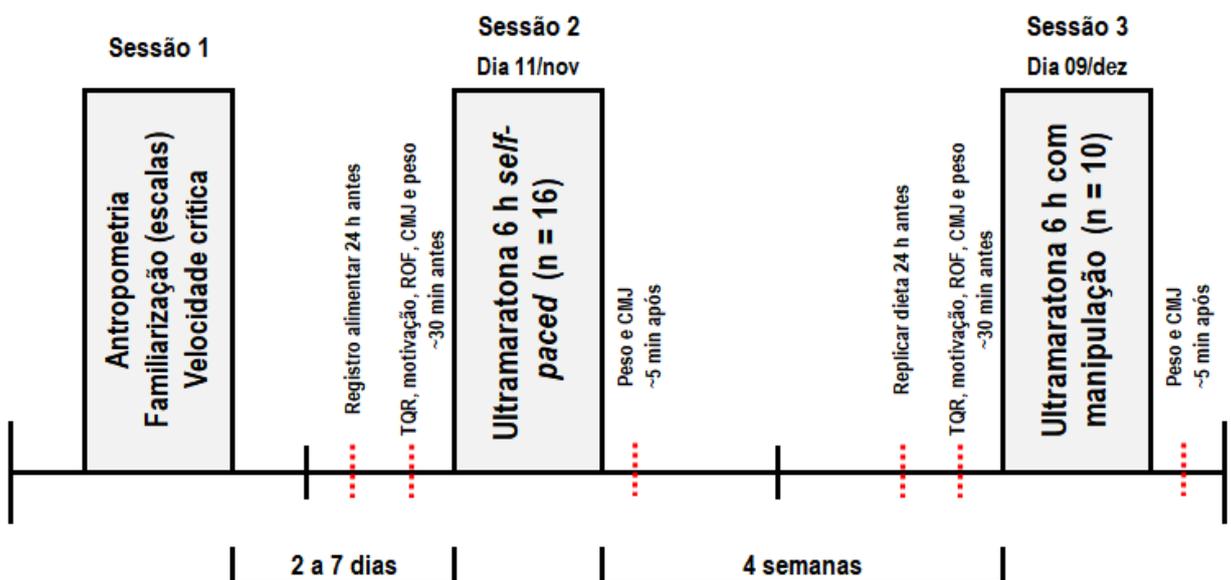
Medida	Prova 1	Prova 2
	(n = 16; 4 M, 12 H)	(n = 10; 2 M, 8 H)
Idade (anos)	38,6 $\pm$ 11,3	40,5 $\pm$ 11,0
Altura (cm)	173,9 $\pm$ 7,3	174,0 $\pm$ 8,5
Massa corporal (kg)	70,5 $\pm$ 12,2	72,0 $\pm$ 13,5
Percentual de gordura (%)	12,9 $\pm$ 4,9	14,4 $\pm$ 4,9
Velocidade Crítica (m·s <sup>-1</sup> )	4,0 $\pm$ 0,5	3,9 $\pm$ 0,5
<i>D'</i> (m)	124,6 $\pm$ 43,9	119,9 $\pm$ 41,0

*M: mulheres; H: homens; D': máxima distância acima da velocidade crítica.*

#### 3.2 Delineamento experimental

Uma reprodução esquemática do delineamento experimental do estudo está exibida na Figura 2. Os participantes incluídos apenas na análise descritiva (n = 16), foram avaliados duas vezes, enquanto que uma terceira sessão foi acrescentada para aqueles que participaram da intervenção experimental (n = 10). Na primeira sessão, medidas antropométricas, familiarização às escalas e um teste de velocidade crítica foram realizados. Nas duas sessões subsequentes, os participantes completaram duas ultramaratonas de 6 horas, em uma pista oficial de atletismo, com intervalo de 4

semanas entre elas e na mesma hora do dia (8:00). Seis participantes desistiram da terceira sessão devido ao desenvolvimento prévio de lesão muscular no intervalo entre as duas provas (n = 3) ou por conflitos de calendário (n = 3). Embora ambas corridas apresentaram característica de largada em massa, a primeira consistiu em uma corrida com liberdade de variação de ritmo enquanto que a segunda, apresentou uma manipulação da velocidade durante os 36 minutos iniciais (10% da duração total da prova) seguida pela liberdade na variação de ritmo. Os participantes não foram informados sobre os objetivos do estudo até que todo o protocolo estivesse finalizado e a manipulação da velocidade foi informada apenas 1 hora antes da largada da segunda prova.



**Figura 2.** Delineamento experimental do estudo. TQR: qualidade total de recuperação; ROF: escala de fadiga; CMJ: salto contra-movimento.

### 3.3 Primeira sessão

Para determinação da massa corporal, uma balança eletrônica (ID1500, Filizola®, São Paulo, Brasil) foi utilizada e os participantes foram pesados utilizando apenas short de corrida. A estatura foi medida através de um estadiômetro (W200/5, Welmy®, Santa Bárbara D'Oeste, Brasil) com precisão de 0,1 cm e para avaliar o percentual de gordura, foi utilizado o protocolo de Jackson e Pollock (1978) de 7 dobras cutâneas. Em seguida, os atletas receberam instruções e foram familiarizados com a escala de fadiga (ROF; anexo A) (MICKLEWRIGHT, D *et al.*, 2017), motivação

intrínseca e sucesso (anexo B) (MATTHEWS *et al.*, 2001), qualidade total de recuperação (TQR; anexo C) (KENTTA e HASSMEN, 1998) e PSE (escala de Borg de 15 pontos; anexo D) de acordo com as orientações originais dos autores. A ROF é escala numerada de 0-10 envolvendo 5 descritores e diagramas, baseada na percepção de fadiga dos atletas. O descritor correspondente ao valor “0”, indicaria o menor sentimento de fadiga experienciado pelo indivíduo. Enquanto que o valor numérico “10”, indicaria o máximo estado de fadiga do atleta, caracterizado pela exaustão física, na qual ele seria incapaz de se manter em atividade. Já o questionário de Matthews *et al.* (2001), é capaz de avaliar tanto a motivação, quanto o desejo de ter sucesso na tarefa que será realizada, avaliando o estado psicológico dos atletas. Além disso, a TQR é uma escala estruturada da mesma forma que a PSE, desenvolvida para avaliar o estado de recuperação dos atletas e monitorar o processo recuperativo ao longo de um ciclo de treinamento. Por fim, a PSE foi desenvolvida inicialmente baseada nos valores de frequência cardíaca (60 bpm correspondendo à 6 na escala, ou 200 bpm em relação à 20), com o intuito de quantificar de forma subjetiva a intensidade do exercício que está sendo realizado.

Além disso, os participantes realizaram três saltos contra-movimento (CMJ – “counter-movement jump”) (BOSCO *et al.*, 1983) como familiarização. Eles foram instruídos a saltar o mais alto possível em uma plataforma de força (Jump System Pro, CEFISE®, Nova Odessa, Brasil) com suas mãos apoiadas no quadril e com 15 segundos de intervalo entre os saltos. A média da altura dos três saltos foi calculada, uma vez que têm sido demonstrado ser mais sensível do que a maior altura atingida para análise da fadiga neuromuscular (CLAUDINO *et al.*, 2017).

Para descrever o nível de desempenho dos participantes, um teste de campo de velocidade crítica foi realizado de acordo com Galbraith *et al.* (2011). Este teste foi selecionado por ser reconhecido cientificamente pela boa capacidade na predição do desempenho em corridas de longa duração e ser mais familiar aos corredores do que testes laboratoriais de esteira e, portanto, capaz de proporcionar maior validade ecológica (KRANENBURG e SMITH, 1996; GALBRAITH, HOPKER, CARDINALE, *et al.*, 2014; GALBRAITH, HOPKER, LELLIOTT, *et al.*, 2014). O teste de velo consistiu de três contrarrelógios de 3600, 2400 e 1200 metros realizados em uma pista oficial de atletismo, com 30 minutos de intervalo entre eles. Para calcular a velocidade crítica e o  $D'$  (*i.e.* capacidade de trabalho anaeróbio, compreendendo a máxima distância atingida acima da velocidade crítica), uma análise de regressão linear foi usada

plotando a distância de cada corrida e o tempo gasto para cada distância. O modelo distância-tempo foi calculado como  $d = (\text{velocidade crítica} \times t) + D'$ , nos quais  $d$  = distância de cada contrarrelógio (m) e  $t$  = tempo gasto (s). Os participantes realizaram um aquecimento padronizado (*i.e.* 10 minutos de corrida em velocidade autosselecionada de baixa intensidade) antes dos contrarrelógios e foram instruídos a completar cada um deles no menor tempo possível. Eles não foram informados sobre tempo decorrido e cada corrida foi cronometrada em relação ao segundo mais próximo. A frequência cardíaca foi medida continuamente (Forerunner 310XT, Garmin®, Oregon, EUA) e a PSE foi quantificada ao final de cada contrarrelógio, com intuito de familiarização.

### 3.4 Ultramaratonas de 6 horas

A primeira prova ( $n = 16$ ), consistiu de uma corrida com liberdade de ritmo (*self-paced*), na qual os participantes foram instruídos a atingir a maior distância possível em 6 horas de corrida em volta da pista de atletismo. A distância inicial exata foi determinada para cálculos subsequentes (*i.e.* distância atingida durante os primeiros 36 minutos de prova; de acordo com o conceito '10-80-10' de distribuição de trabalho de Roelands *et al.* (2013)). Durante a segunda prova ( $n = 10$ ), cada participante foi solicitado a correr os 36 minutos iniciais em uma velocidade constante 18% mais baixa do que a média dos 36 minutos iniciais da primeira prova. Este valor percentual foi escolhido após a realização da primeira prova, a fim de diminuir a velocidade inicial dos participantes e aproximar aos valores da velocidade média da primeira prova (*i.e.* tentativa de atribuir um *pacíng* constante). Uma hora antes do início da segunda prova, os atletas foram informados sobre a manipulação da velocidade e as velocidades propostas individuais, assim como o tempo que deveriam completar cada volta na pista (*e.g.* 1 volta a  $10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  ou em 2 minutos e 24 segundos). Dois membros da equipe de pesquisa, alocados na linha de largada, foram responsáveis por checar se os atletas estavam correndo no ritmo proposto de acordo com o tempo oficial de prova e a providenciá-los feedback para aumentar ou diminuir a velocidade, se necessário.

Antes de cada corrida, ROF, motivação intrínseca e sucesso, recuperação, CMJ e a massa corporal foram avaliados, a fim de monitorar o estado psicofisiológico dos participantes. A velocidade do vento (anemômetro GM8908 LCD, Kkmoon SA®, Shenzhen, China), temperatura (termômetro de mercúrio, INCOTERM®, Rio Grande

do Sul, Brasil) e umidade relativa do ar (Termo-Higrômetro MT-242, Minipa do Brasil Ltda.®, Santa Catarina, Brasil) foram medidos no início e a cada 30 minutos de prova. O tempo oficial de prova, número de voltas e o tempo gasto para completar cada volta, foi registrado por sistema de cronometragem por chip, anexado aos cadarços de cada participante. A distância total percorrida (*i.e.* 6 horas) e a distância durante os primeiros 36 minutos foram calculadas através da soma do número total de voltas completadas durante ambos os pontos, mais a distância final percorrida após a última volta de cada ponto de tempo (*i.e.* 36 minutos e 6 horas). Para medir precisamente a distância percorrida nos respectivos pontos, durante os últimos 2 minutos precedendo os 36 minutos iniciais e as 6 horas, os participantes foram solicitados a correr segurando um pequeno cone de plástico (identificado com o número de cada atleta) e a soltá-lo imediatamente ao som de advertência, que coincidiu com os 36 minutos e 6 horas. Em seguida, os membros da equipe de coleta ficaram encarregados de medir a distância exata de cada corredor, a partir da linha de largada. A PSE e ROF foram medidas a cada 12 minutos durante os primeiros 36 minutos, com 1 hora e a cada 30 minutos subsequentemente, durante as duas corridas através de dois *banners* alocados na marca de 300 metros e 100 metros da pista. Finalmente, a média das alturas do CMJ e a massa corporal foram reavaliadas ~5 minutos após cada corrida para analisar e comparar as mudanças na potência neuromuscular, fadiga e desidratação entre as provas.

Para analisar as mudanças mecânicas da corrida durante as provas, uma câmera digital (Hero 4, GoPro®, Califórnia, EUA; com a opção 'fisheye' desativada, para remover o efeito de distorção), foi colocada perpendicularmente à direção de corrida dos participantes, registrando uma sessão de 12 metros de largura da pista. Cinco passadas subsequentes foram analisadas e o software Kinovea (versão 0.8.15) foi usado para medir o tempo de contato ( $t_c$ ) e o tempo da fase aérea ( $t_a$ ). Os valores médios do  $t_c$  e  $t_a$  das cinco passadas foram utilizados para calcular a SF e a SL, utilizando,  $SF = 1 / (t_c + t_a)$  e  $SL = \text{velocidade de corrida} / SF$ . Além disso, durante as duas corridas os participantes foram instruídos a utilizarem os mesmos pares de tênis e não foram permitidos a utilizar qualquer acessório de compressão nas panturrilhas para evitar alterações na mecânica de corrida (KERHERVÉ, SAMOZINO, *et al.*, 2017).

Os participantes foram instruídos a tratar cada corrida como uma competição real e a atingir a maior distância possível. Durante as duas corridas, o sentido de corrida ao redor da pista foi invertido a cada hora e os corredores foram permitidos a

consumir alimentos e/ou líquidos *ad libitum* providenciados pela equipe de pesquisa (*i.e.* banana, maçã, paçoca e água) ou por eles mesmos. Eles também foram instruídos a manter seu programa de treinamento regular e abster-se de sessões de treino de alta intensidade ou alto volume nas 48 horas precedendo cada sessão de teste. Além disso, 24 horas antes de cada corrida, os atletas foram solicitados a registrar e replicar suas dietas e se abster de cafeína, suplementos e álcool.

### 3.5 Análise estatística

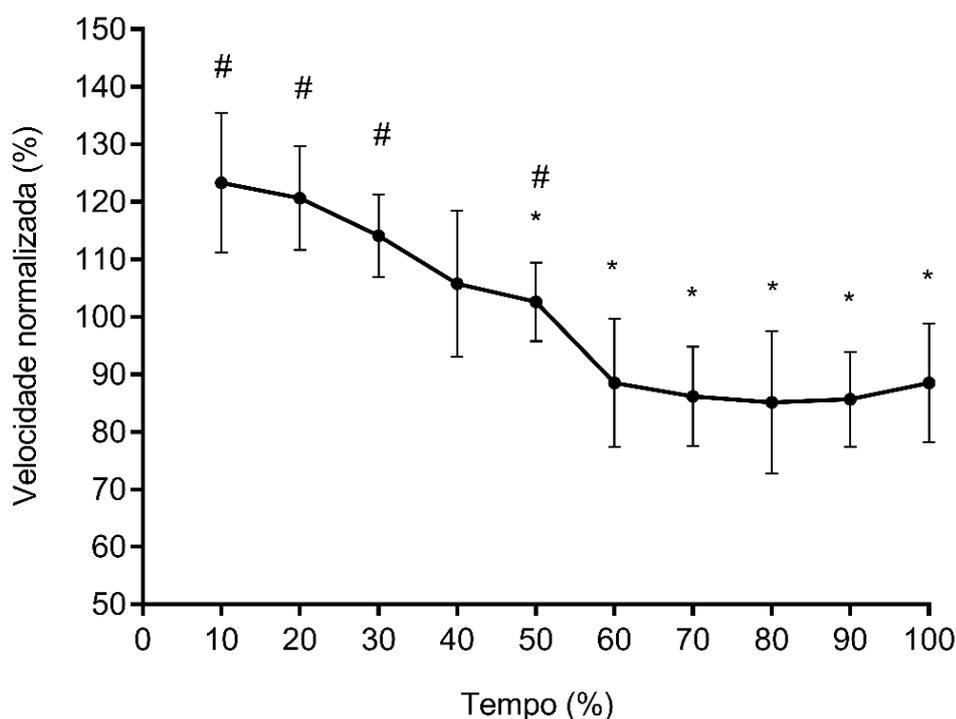
Para analisar a estratégia de *pacing* de toda a amostra, a velocidade média de cada participante em intervalos de 36 minutos foi normalizada em relação à velocidade média total de prova. Uma vez que os dados foram previamente normalizados, os efeitos principais entre sujeitos seria nulo. Para analisar as mudanças na estratégia de *pacing*, ROF, PSE e mecânica de corrida ( $t_c$ ,  $t_a$ , SL e SF) ao longo da prova, foram utilizadas ANOVAs de medidas repetidas de um fator com post-hoc de Bonferroni. A mecânica de corrida foi analisada em relação a primeira volta e reportada em valores percentuais. A correlação de produto-momento de Pearson foi utilizada para acessar a relação entre a distância total percorrida e a velocidade média normalizada dos primeiros e últimos 36 minutos.

Na segunda parte do estudo, um teste T pareado foi utilizado para comparar a diferença no desempenho entre as provas. Foram utilizadas ANOVAs de medidas repetidas de dois fatores com post-hoc de Bonferroni, para acessar as diferenças entre as corridas em cada intervalo de tempo para a estratégia de *pacing*, ROF, PSE e mecânica de corrida. Além disso, foram utilizadas ANOVAs de medidas repetidas de dois fatores para comparar as magnitudes de mudança na massa corporal e na média das alturas do CMJ nas condições pré e pós entre as provas e um teste T pareado para comparar os parâmetros coletados apenas antes das duas provas (*i.e.* massa corporal, média das alturas do CMJ, recuperação, ROF e motivação). Finalmente, um teste T pareado também foi utilizado para analisar se houveram diferenças nas médias da temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento entre as provas. As análises foram realizadas utilizando o pacote estatístico SPSS (23.0, IBM®, Nova York, EUA) e a significância estatística foi assumida quando  $P \leq 0,05$ .

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Parte 1

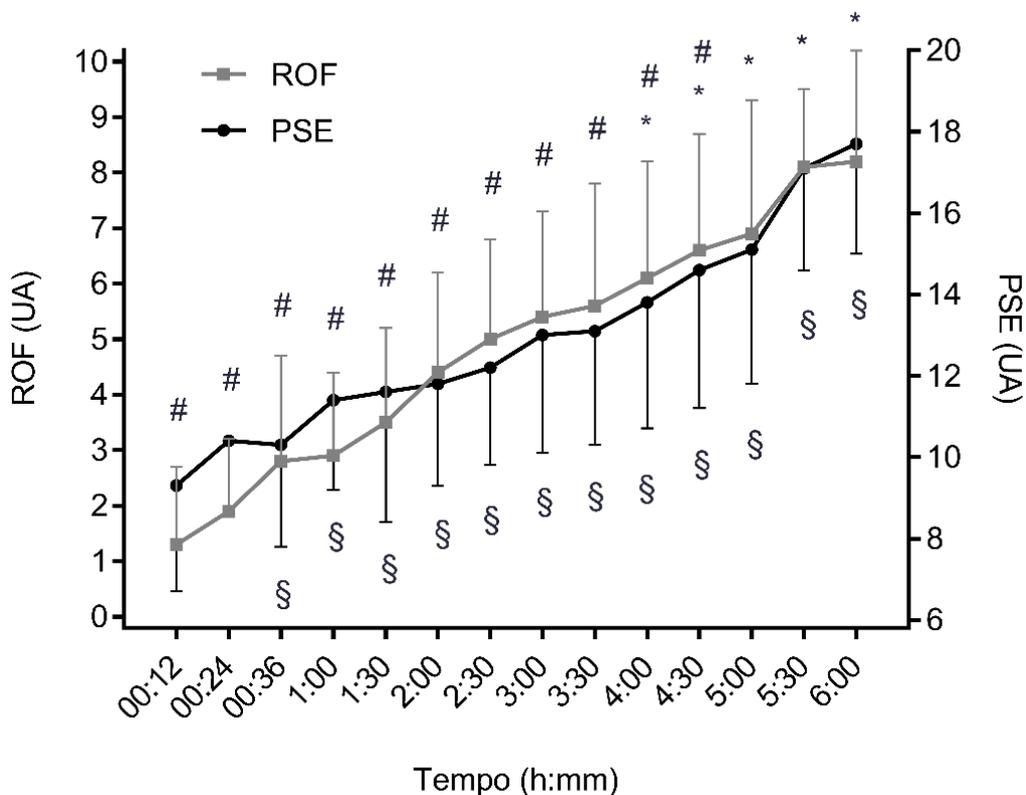
Os resultados estão reportados como média  $\pm$  DP. A distância média atingida pelos atletas na primeira corrida foi de  $58,9 \pm 9,4$  km (velocidade média de  $2,73 \pm 0,44$  m·s<sup>-1</sup>). Além disso, a análise da estratégia de *pacing* mostrou que os atletas adotaram uma estratégia de *pacing* com perfil sigmoide ( $F = 32,90$ ;  $P < 0,001$ ;  $\eta_p^2 = 0,69$ ; Figura 3), adotando maiores velocidades de corrida durante os primeiros 50% de prova e diminuindo significativamente após isso quando comparado com 10% ( $P \leq 0,05$ ). Ou seja, com 50% de prova, a velocidade foi tanto menor do que 10% ( $P = 0,001$ ) quanto maior do que 100% ( $P = 0,033$ ).



**Figura 3.** Estratégia de *pacing* geral adotada pelos participantes ( $n = 16$ ) em ultramaratona de 6 horas (média  $\pm$  DP). \*Diferença significativa de 10%. #Diferença significativa de 100%. ( $P \leq 0,05$ ).

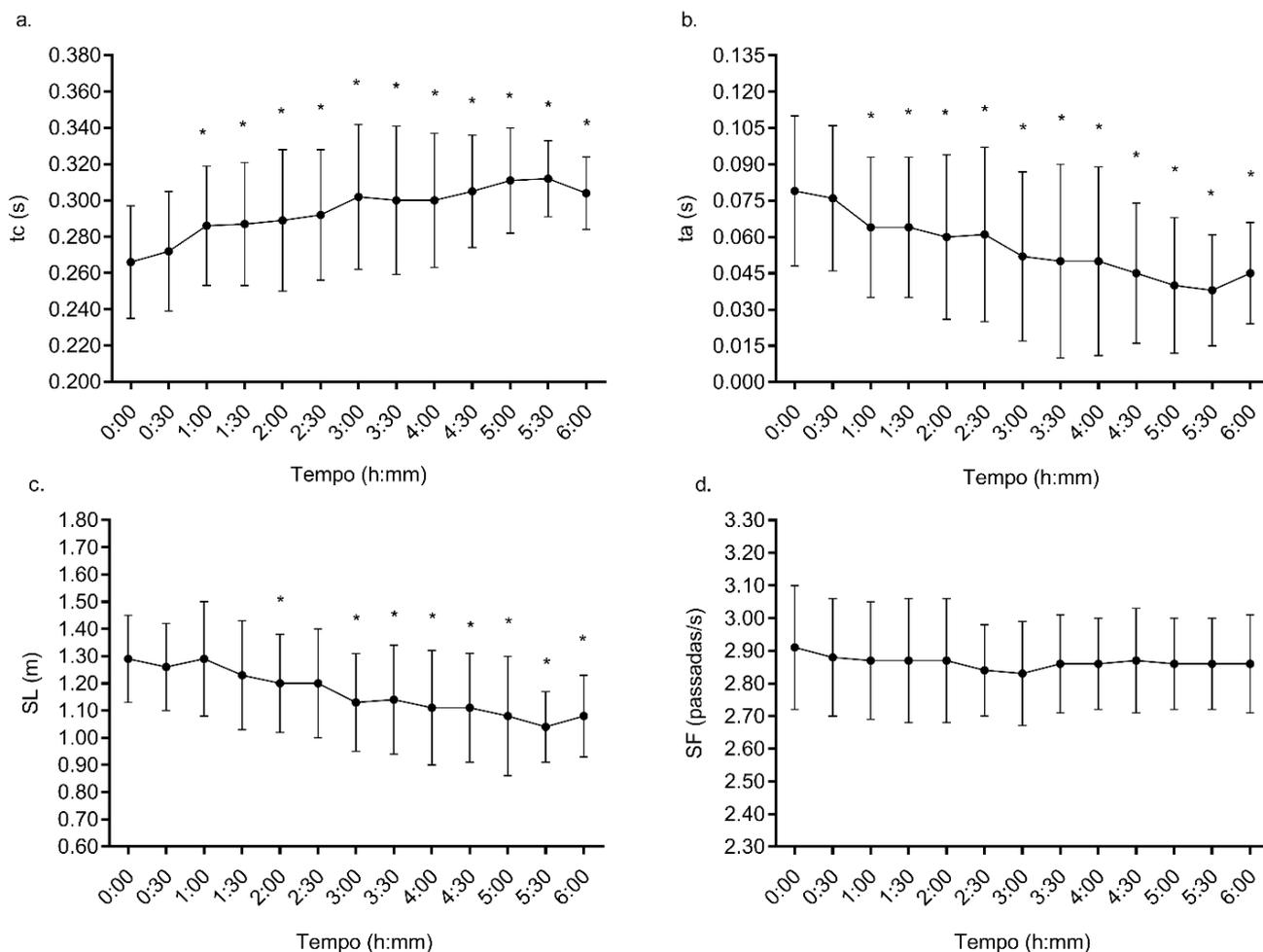
Uma correlação moderada negativa foi encontrada entre a distância total percorrida e a velocidade média normalizada durante os 36 minutos iniciais ( $r = -0,68$ ;  $P = 0,004$ ), mas não nos 36 minutos finais ( $r = -0,31$ ;  $P = 0,245$ ).

A ANOVA de medidas repetidas de um fator mostrou que a PSE ( $F = 30,27$ ;  $P < 0,001$ ;  $\eta_p^2 = 0,67$ ) e ROF ( $F = 56,04$ ;  $P < 0,001$ ;  $\eta_p^2 = 0,79$ ) aumentaram consistentemente durante a prova e as comparações aos pares revelaram diferenças em diversos pontos para os dois parâmetros ( $P \leq 0,05$ ; Figura 4).



**Figura 4.** Desenvolvimento da PSE e ROF durante ultramaratona de 6 horas (média  $\pm$  DP). \*Diferença significativa na PSE em comparação a 12 minutos. #Diferença significativa nas duas variáveis (PSE e ROF) em comparação a 6 horas. §Diferença significativa na ROF em comparação a 12 minutos ( $P \leq 0,05$ ).

Além disso, a ANOVA de medidas repetidas de um fator e a comparação aos pares mostrou que  $t_c$  ( $F = 9,43$ ;  $P < 0,001$ ;  $\eta_p^2 = 0,39$ ; Figura 5a) aumentou significativamente (+7,5%;  $P = 0,003$ ) após a primeira hora de corrida, enquanto que  $t_a$  ( $F = 9,77$ ;  $P < 0,001$ ;  $\eta_p^2 = 0,39$ ; Figura 5b) diminuiu do mesmo ponto em diante (-19,0%;  $P = 0,020$ ). A SL ( $F = 9,92$ ;  $P < 0,001$ ;  $\eta_p^2 = 0,40$ ; Figura 5c) diminuiu significativamente após 2 horas de corrida (-7,0%;  $P \leq 0,050$ ), apesar da SF não ter sido diferente ( $F = 0,90$ ;  $P = 0,45$ ;  $\eta_p^2 = 0,06$ ; Figura 5d).



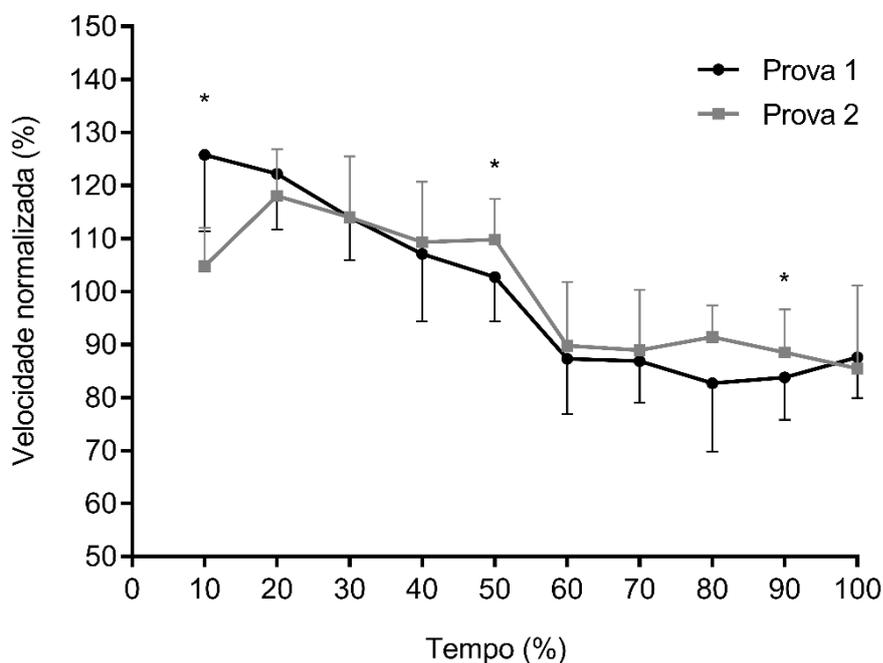
**Figura 5.** Mudanças na mecânica de corrida durante ultramaratona de 6 horas, medidas durante a primeira volta e a cada 30 minutos (média  $\pm$  DP). a: tempo de contato; b: tempo da fase aérea; c: amplitude de passada; d: frequência de passada. \*Diferença significativa em relação a primeira volta (*i.e.* ponto de tempo 0:00) ( $P \leq 0,05$ ).

Finalmente, os testes T pareados mostraram uma diminuição significativa após a prova na média das alturas do CMJ ( $24,70 \pm 5,45$  vs.  $19,77 \pm 5,20$  cm;  $P = 0,010$ ) e na massa corporal ( $69,5 \pm 12,0$  vs.  $67,9 \pm 11,9$  kg;  $P = 0,001$ ).

## 4.2 Parte 2

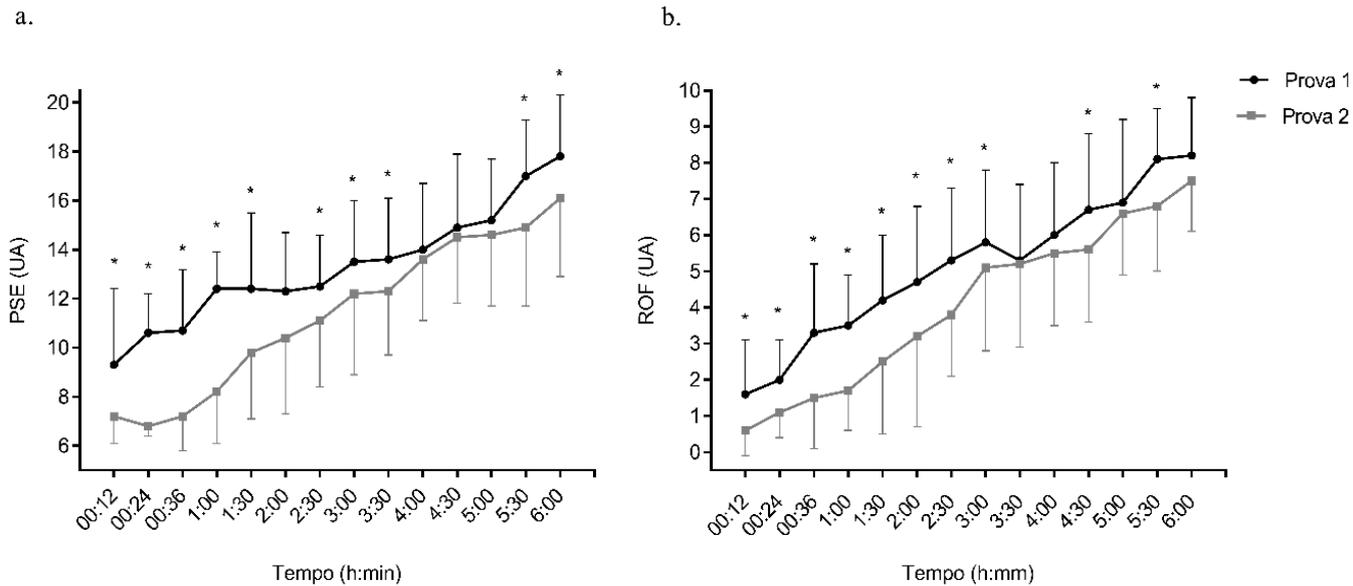
O desempenho não foi diferente entre as duas provas ( $57,5 \pm 10,2$  vs.  $56,3 \pm 8,5$  km e  $2,66 \pm 0,47$  vs.  $2,61 \pm 0,39$  m·s<sup>-1</sup>;  $P = 0,298$ ), apesar de uma interação significativa entre o tempo de corrida e as provas ( $F = 3,78$ ;  $P = 0,021$ ;  $\eta_p^2 = 0,30$ ; Figura 6). As comparações aos pares mostraram que a velocidade normalizada

durante a segunda prova foi menor em 10% ( $P < 0,001$ ), e maior em 50% ( $P < 0,001$ ) e 90% ( $P = 0,034$ ).



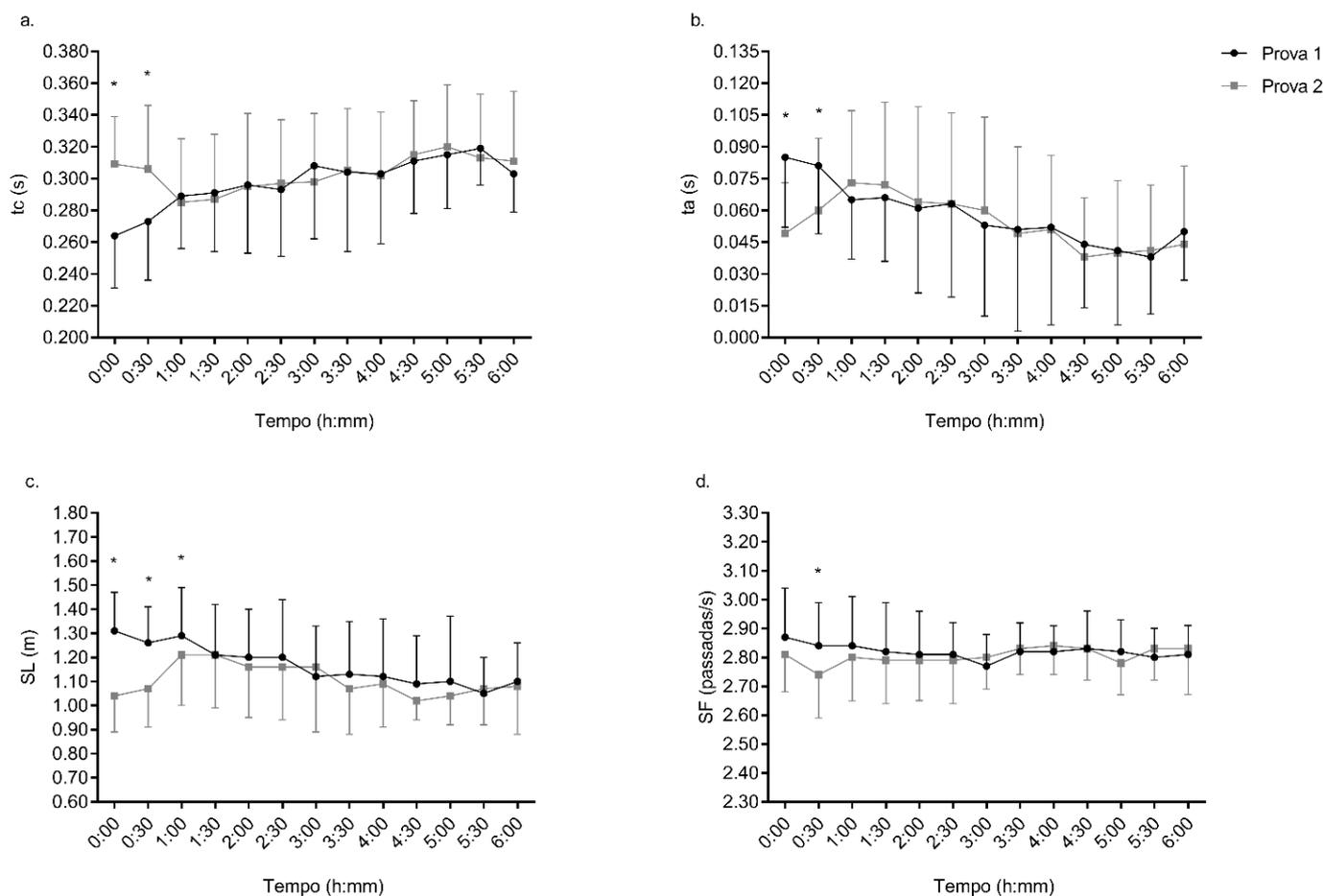
**Figura 6.** Estratégia de *pacing* adotada pelos atletas ( $n = 10$ ) durante as duas provas (média  $\pm$  DP). \*Diferença significativa entre as provas no ponto de tempo ( $P \leq 0,05$ ).

Foi encontrado um efeito principal das provas para PSE ( $F = 56,31$ ;  $P < 0,001$ ;  $\eta_p^2 = 0,86$ ; Figura 7a) e ROF ( $F = 27,81$ ;  $P = 0,001$ ;  $\eta_p^2 = 0,76$ ; Figura 7b) e um efeito principal do tempo de corrida tanto para PSE ( $F = 37,00$ ;  $P < 0,001$ ;  $\eta_p^2 = 0,80$ ) quanto para ROF ( $F = 58,06$ ;  $P < 0,001$ ;  $\eta_p^2 = 0,87$ ). Além disso, um efeito de interação significativo entre as provas e o tempo de corrida foi encontrado, tanto para PSE ( $F = 3,46$ ;  $P < 0,001$ ;  $\eta_p^2 = 0,28$ ) quanto para ROF ( $F = 2,30$ ;  $P = 0,010$ ;  $\eta_p^2 = 0,20$ ) e a comparação aos pares demonstrou que os dois parâmetros foram consistentemente menores durante a segunda prova.



**Figura 7.** Desenvolvimento da PSE e ROF durante as duas provas (média  $\pm$  DP). \*Diferença significativa entre as provas no ponto de tempo ( $P \leq 0,05$ ).

Um efeito principal do tempo de corrida foi encontrado para  $t_c$  ( $F = 6,82$ ;  $P < 0,001$ ;  $\eta_p^2 = 0,43$ ),  $t_a$  ( $F = 9,26$ ;  $P < 0,001$ ;  $\eta_p^2 = 0,51$ ) e SL ( $F = 7,09$ ;  $P < 0,001$ ;  $\eta_p^2 = 0,44$ ), mas não para SF ( $F = 0,88$ ;  $P = 0,573$ ;  $\eta_p^2 = 0,09$ ). Além disso, houve um efeito principal das provas apenas para SL ( $F = 17,32$ ;  $P = 0,002$ ;  $\eta_p^2 = 0,66$ ) mas não para  $t_c$  ( $F = 2,05$ ;  $P = 0,186$ ;  $\eta_p^2 = 0,19$ ),  $t_a$  ( $F = 1,24$ ;  $P = 0,294$ ;  $\eta_p^2 = 0,12$ ) e SF ( $F = 3,70$ ;  $P = 0,086$ ;  $\eta_p^2 = 0,29$ ). Os efeitos de interação significantes entre o tempo de corrida e as provas, e a comparação aos pares, mostraram que  $t_c$  foi maior ( $F = 3,81$ ;  $P < 0,001$ ;  $\eta_p^2 = 0,30$ ; Figura 8a) e  $t_a$  menor ( $F = 2,82$ ;  $P = 0,002$ ;  $\eta_p^2 = 0,24$ ; Figura 8b) durante a primeira volta (os dois:  $P < 0,001$ ) e com 30 minutos na segunda prova (os dois:  $P < 0,004$ ). Ainda, SL foi significativamente menor durante a segunda prova ( $F = 3,06$ ;  $P = 0,001$ ;  $\eta_p^2 = 0,25$ ; Figura 8c), especificamente na primeira volta ( $P < 0,001$ ), com 30 minutos ( $P < 0,001$ ) e com 1 hora ( $P = 0,047$ ), enquanto que SF foi significativamente menor ( $F = 2,01$ ;  $P = 0,030$ ;  $\eta_p^2 = 0,18$ ; Figura 8d) apenas com 30 minutos ( $P < 0,001$ ).



**Figura 8.** Mudanças mecânicas da corrida entre as duas ultramaratonas de 6 horas na primeira volta e a cada 30 minutos (média  $\pm$  DP). a: tempo de contato; b: tempo da fase aérea; c: amplitude de passada; d: frequência de passada. \*Diferença significativa entre as provas no ponto de tempo ( $P \leq 0,05$ ).

Entre as variáveis avaliadas antes de cada prova foram encontradas diferenças apenas na motivação intrínseca e sucesso (Tabela 2) e a comparação das variáveis avaliadas antes e após cada prova está descrita na Tabela 3. Os testes T pareados mostraram uma diminuição na massa corporal e na média das alturas do CMJ após ambas as provas. Além disso, um efeito principal das condições pré e pós foi encontrado para a massa corporal e média das alturas do CMJ ( $F = 16,16$ ;  $P = 0,003$ ;  $\eta_p^2 = 0,64$ ). Entretanto, não houveram efeitos principais significantes entre as provas para a massa corporal ( $F = 0,03$ ;  $P = 0,869$ ;  $\eta_p^2 = 0,003$ ) e média das alturas do CMJ ( $F = 1,58$ ;  $P = 0,241$ ;  $\eta_p^2 = 0,149$ ). Finalmente, não foram encontrados efeitos de interação significantes entre as provas e as condições pré e pós para as duas variáveis (massa corporal:  $F = 0,77$ ;  $P = 0,787$ ;  $\eta_p^2 = 0,01$ ; média das alturas do CMJ:  $F = 0,95$ ;  $P = 0,766$ ;  $\eta_p^2 = 0,10$ ).

**Tabela 2.** Variáveis avaliadas apenas antes de cada prova (n = 10). \*Diferença significativa entre cada prova ( $P \leq 0,05$ ).

Variável	Pré		Valor de P
	Prova 1	Prova 2	
Massa corporal (kg)	72,3 ± 13,4	72,1 ± 14,1	0,814
Média do CMJ (cm)	25,5 ± 5,9	25,8 ± 5,9	0,133
Recuperação (UA)	18,8 ± 2,2	18,1 ± 1,8	0,322
ROF (UA)	0,6 ± 0,8	1,0 ± 1,0	0,309
Motivação (UA)	26,0 ± 2,1	25,2 ± 1,6	0,037*
Sucesso (UA)	18,0 ± 4,9	16,5 ± 5,1	0,018*

CMJ: salto contra-movimento; ROF: escala de fadiga.

**Tabela 3.** Análise das variáveis coletadas antes e após cada prova (n = 10). \*Diferença significativa entre o pré e pós da primeira prova. #Diferença significativa entre o pré e pós da segunda prova ( $P \leq 0,05$ ).

Variável	Prova 1			Prova 2		
	Pré	Pós	Valor de P	Pré	Pós	Valor de P
Massa corporal (kg)	72,3 ± 13,4	70,5 ± 13,2	0,011*	72,1 ± 14,1	70,5 ± 13,9	0,001#
CMJ (cm)	25,5 ± 5,9	20,2 ± 5,5	0,049*	25,8 ± 5,9	20,8 ± 5,2	0,022#

CMJ: salto contra-movimento.

Não foram encontradas diferenças significativas (todos  $P \geq 0,677$ ) para a média (variação) da temperatura ambiental, humidade relativa do ar e velocidade do vento entre as provas 1 e 2: 21,4°C (19,0–25,0) vs. 21,3°C (17,0–25,5), 75,5% (53,0–100,0) vs. 72,5% (46,0–100,0) e 0,7 m·s<sup>-1</sup> (0,0–2,2) vs. 0,7 m·s<sup>-1</sup> (0,0–3,0), respectivamente.

## 5 DISCUSSÃO

Este é o primeiro estudo a analisar a estratégia de *pacing* durante ultramaratona de 6 horas adotando um design experimental com o intuito de testar a hipótese de que uma velocidade inicial lenta, seria capaz de melhorar o desempenho. Além disso, os estudos anteriores não consideraram o desenvolvimento da PSE e ROF durante este tipo de prova relacionando com a estratégia de *pacing*. Finalmente, este trabalho também foi capaz de analisar e relacionar os fatores citados anteriormente com as alterações da mecânica da corrida dos participantes.

Os principais achados deste estudo foram que a estratégia de *pacing* adotada pelos participantes durante uma ultramaratona de 6 horas, demonstra um perfil sigmoide, mesmo que não definido na literatura, mas observado recentemente em provas de 100 km (RENFREE *et al.*, 2016) e descrito por outro estudo (BOSSI *et al.*, 2017). Além disso, a PSE e ROF apresentam um aumento linear ao longo da prova, corroborando os estudos anteriores em uma variedade de modalidades esportivas. Finalmente as alterações mecânicas da corrida, parecem começar a sofrer influência logo nas partes iniciais da prova, devido ao desenvolvimento e acúmulo de fadiga.

Além disso, apesar dos atletas adotarem estratégias de *pacing* distintas durante duas ultramaratonas de 6 horas, caracterizada por uma velocidade inicial 18% mais baixa na segunda prova em relação à primeira, o desempenho final não sofre alteração. Apesar disso, esta estratégia foi capaz de diminuir o desenvolvimento da PSE e ROF durante toda prova. Por fim, nossos resultados também foram capazes de demonstrar que as alterações na mecânica de corrida são diretamente influenciadas pela velocidade de corrida.

### 5.1 Parte 1

A distância média atingida pelos atletas no atual estudo durante a primeira ultramaratona foi de  $58,9 \pm 9,4$  km, corroborando os resultados de investigações prévias (AKIMOV e SON'KIN, 2012; WOLLSEIFFEN *et al.*, 2016; KERHERVÉ, MCLEAN, *et al.*, 2017) que analisaram a alteração de uma série de fatores fisiológicos durante corridas de 6 horas em esteira.

O conceito de velocidade crítica, inicialmente descrito por Monod e Scherrer (1965), tem sido usado extensivamente como uma estimativa precisa da capacidade

de resistência de atletas (MATURANA *et al.*, 2017). Através deste parâmetro, a característica bioenergética do metabolismo durante um exercício pode ser definida por meio de quatro domínios de intensidade: 1) moderado (velocidades acima do limiar de lactato); 2) pesado (velocidades entre o limiar de lactato e a velocidade crítica); 3) severo (velocidades acima da velocidade crítica que podem ser sustentadas até atingir o  $VO_{2máx}$ ); e 4) extremo (velocidades que resultam na exaustão antes que o  $VO_{2máx}$  seja atingido) (BURNLEY e JONES, 2018). Desta forma, a velocidade crítica de  $4,0 \pm 0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  atingida pelos participantes no atual estudo, corroboram a velocidade crítica atingida por corredores treinados possuindo  $VO_{2máx}$  de  $60,7 \pm 2,8 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  (GALBRAITH, HOPKER, LELLIOTT, *et al.*, 2014), sugerindo um bom nível de desempenho dos nossos atletas. No entanto, atletas olímpicos como Eliud Kipchoge (Quênia) e Steve Prefontaine (EUA), demonstraram velocidade críticas de  $6,04 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (JONES e VANHATALO, 2017) e  $6,00 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (PETTITT, 2016), respectivamente.

Além disso, a velocidade média durante a primeira prova atingida pelos participantes foi de  $2,73 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , correspondendo a 68,25% da velocidade crítica dos participantes, atribuindo ao domínio moderado de intensidade (BURNLEY e JONES, 2018). No entanto, considerando que os atletas iniciaram a prova a mais de 120% da velocidade média total, podemos assumir que os participantes estavam dentro do domínio pesado de exercício durante as porções iniciais, o que pode ter gerado um maior acúmulo de metabólitos e um aumento progressivo do  $VO_2$ , comprometendo o desempenho. De fato, este início rápido insustentável, pode ter exigido a diminuição da velocidade de corrida de forma a evitar exaustão ou fadiga prematura.

Nossos resultados evidenciaram que de forma geral, os atletas demonstraram uma estratégia de *pacing* com perfil sigmoide, adotando uma velocidade inicial alta, diminuindo até a metade da prova, buscando a manutenção da intensidade após 60%. Estes achados corroboram os resultados de Renfree *et al.* (2016), que encontraram a mesma distribuição da velocidade em uma prova de 100 km em percurso plano. No entanto, os autores não buscaram discutir os efeitos desta estratégia no desempenho. Por outro lado, estudos anteriores mostraram que os atletas adotam uma estratégia de *pacing* positiva em provas de 100 a 160 km em diferentes terrenos (LAMBERT *et al.*, 2004; PARISE e HOFFMAN, 2011; KNECHTLE *et al.*, 2015) e de J-reverso em provas de 24 horas (TAKAYAMA *et al.*, 2016; BOSSI *et al.*, 2017) ou 161 km em percurso plano (TAN *et al.*, 2016). As divergências nos resultados encontrados se

devem principalmente pela particularidade de cada corrida analisada. Uma variedade de diferenças entre as provas como o tipo de prova (tempo ou distância limitada), duração do exercício, terreno, topografia do terreno, condições climáticas e até mesmo a diferença no nível competitivo das provas (pela presença de diferentes atletas), ratifica a complexidade na generalização dos resultados.

Dada a natureza metodológica do atual estudo, não temos evidências fisiológicas para esclarecer a causa da estratégia de *pacing* observada. No entanto, podemos sugerir que a velocidade dos atletas sofre uma diminuição brusca com 50% de prova, devido principalmente ao desenvolvimento da fadiga central e neuromuscular (MARTIN *et al.*, 2010; MILLET, 2011) proveniente de uma velocidade inicial alta, o que pode ter levado a uma diminuição da intensidade do exercício e alternância entre momentos de corrida e caminhada até o fim da prova. Porém, como não fomos capazes de quantificar o tempo efetivo de descanso de cada atleta, essa hipótese pode ser apenas especulada. Do mesmo modo, uma queda acentuada com 50% de prova foi observada em corridas de 24 horas (GIMENEZ *et al.*, 2013; BOSSI *et al.*, 2017), evidenciando um momento “chave” no qual os atletas diminuem a intensidade do exercício, seja para descanso, reposição energética ou necessidades fisiológicas naturais.

A escala de 15 pontos de Borg (1970) e a escala ROF, desenvolvida recentemente por Micklewright *et al.* (2017) foram utilizadas para avaliar o comportamento do esforço e da fadiga durante a ultramaratona de 6 horas. O desenvolvimento da PSE durante a prova, caracterizado por um aumento linear com o tempo de exercício, confirma uma série de estudos anteriores, feitos em diversas modalidades de exercício (ABBISS *et al.*, 2009; MICKLEWRIGHT *et al.*, 2009; MARCORA e STAIANO, 2010; MARTIN *et al.*, 2010; DE KONING *et al.*, 2011; CHRYSSANTHOPOULOS *et al.*, 2015; ABBISS *et al.*, 2016; KERHERVÉ, MCLEAN, *et al.*, 2017; SEILER e SYLTA, 2017). Investigações prévias (ABBISS e LAURSEN, 2005; LANDER *et al.*, 2009; DE KONING *et al.*, 2011; NICOLÒ *et al.*, 2016) evidenciaram a importância da PSE na regulação da intensidade do exercício, demonstrando uma relação direta entre a PSE com a frequência ventilatória e a fadiga (ENOKA e DUCHATEAU, 2016; NICOLÒ *et al.*, 2016). No entanto, este é o primeiro estudo a analisar o desenvolvimento da fadiga durante um exercício através da ROF. Desta forma, nossos resultados demonstraram um desenvolvimento linear da PSE e ROF, caracterizados por quase a sobreposição entre os dois parâmetros (Figura 5),

corroborando a relação direta entre o esforço e a fadiga, influenciando diretamente a distribuição da intensidade ao longo da prova (KONINGS e HETTINGA, 2018). De fato, no presente estudo, o aumento progressivo na PSE e ROF foi acompanhado por uma diminuição na intensidade do exercício, como proposto anteriormente por Tucker e Noakes (2009).

Diversos estudos anteriores (MILLET *et al.*, 2011; MORIN, J.-B. *et al.*, 2011; MORIN, J. *et al.*, 2011; DEGACHE *et al.*, 2013; VERNILLO *et al.*, 2014; LAZZER *et al.*, 2015; VERNILLO *et al.*, 2015; DEGACHE *et al.*, 2016; GIOVANELLI *et al.*, 2016) buscaram analisar as alterações na mecânica de corrida durante ultramaratonas realizadas tanto em esteira quando em campo. No entanto, apenas um estudo (GIOVANELLI *et al.*, 2016) analisou as mudanças mecânicas da corrida durante ultramaratona de 6 horas em circuito fechado. Nossos métodos buscaram replicar da maneira mais fidedigna possível as análises feitas no estudo citado anteriormente, entretanto, nossos resultados foram distintos em diversos aspectos.

Primeiramente, no estudo de Giovanelli *et al.* (2016), os atletas demonstraram uma velocidade constante até 4 horas e 30 minutos de prova, na qual apresentaram um decréscimo de  $5,6 \pm 0,3\%$  a partir deste ponto até o final da corrida, adotando uma estratégia de  *pacing*  diferente da encontrada na atual pesquisa. Além disso, o  $t_c$  no estudo citado, apresentou um aumento apenas após 4 horas e 30 minutos de prova, enquanto que no nosso estudo, o  $t_c$  aumentou a partir de 1 hora de prova. Em relação ao  $t_a$ , nossa análise apresentou uma diminuição após 1 hora de prova, enquanto que no outro estudo, a diminuição ocorreu após 4 horas e 30 minutos. No que diz respeito a esses dois fatores, no entanto, as duas pesquisas demonstram que o aumento do  $t_c$  e diminuição do  $t_a$  se acompanham, sendo um influenciado diretamente pelo outro, afetados pelo desenvolvimento da fadiga muscular e pela diminuição da velocidade. Nossos resultados também não corroboraram em relação ao comportamento da SL, a qual neste estudo sofreu aumento a partir de 2 horas de prova, enquanto que no estudo referido, essa variável foi maior após 5 horas de prova. Finalmente, a SF teve o mesmo comportamento em ambos estudos, se mantendo constante durante toda a prova. As diferenças encontradas podem ser explicadas principalmente pelas divergências metodológicas. Por exemplo, no artigo de Giovanelli *et al.* (2016), foram recrutados ultramaratonistas de maior nível de desempenho, explicado pela distância média de  $62,9 \pm 7,9$  km. Ainda, a estratégia de  *pacing*  adotada entre estudos foi diferente, a qual no estudo anterior, os atletas empregaram uma estratégia constante,

diminuindo ligeiramente a velocidade após 4 horas e 30 minutos de prova, o que pode ter influenciado os resultados. Além disso, Giovanelli *et al.* (2016) investigou uma prova em circuito oval pavimentado de 874 metros, enquanto que neste estudo, utilizamos uma pista de atletismo oficial (*i.e.* piso sintético) de 400 metros, o que pode ter gerado diferenças nas respostas mecânicas da corrida. O tipo de análise realizada pelo software (Kinovea) e a diferença nas câmeras utilizadas, também devem ser considerados, já que pode existir um viés de pesquisa de acordo com a variabilidade entre os pesquisadores responsáveis por tais análises.

Estudos anteriores a respeito das mudanças mecânicas durante provas de ultramaratona, sugerem que os atletas alteram seus padrões de corrida em função de uma adaptação a fadiga e evitar o dano muscular excessivo (THOMPSON, 2017). De fato, as alterações mecânicas durante o atual estudo podem ter começado a ocorrer logo durante as fases iniciais da prova, devido ao grande número de voltas realizadas na pista, gerando um dano muscular acentuado (SMALL *et al.*, 2017). Portanto, a especificidade de cada prova, envolvendo diferentes percursos, distâncias e modalidades de exercício, torna difícil a comparação dos resultados entre os estudos. Além disso, cada uma das investigações anteriores utilizou formas diferentes de análise durante os testes. Conseqüentemente, a extrapolação, interpretação e comparação dos resultados deve ser cautelosa, levando em consideração todas as particularidades de cada metodologia de pesquisa.

Para avaliar o desempenho neuromuscular (*i.e.* potência muscular) antes e após a prova, foi utilizado o teste de CMJ, proposto por Bosco *et al.* (1983), recentemente estabelecido como um método bastante reprodutível na avaliação da potência muscular (CLAUDINO *et al.*, 2017; LOMBARD *et al.*, 2017) e sensível a alterações na carga de exercício (CORMACK *et al.*, 2008). Como proposto por Claudino *et al.* (2017), foi utilizada a média dos 3 saltos para a análise, de modo que esta é uma forma mais sensível de avaliação das mudanças na função neuromuscular em relação ao salto mais alto. Nosso estudo demonstrou uma diminuição na altura média do CMJ de 19,96%, corroborando com os achados recentes de Balducci *et al.* (2017), que reportaram uma diminuição de 20,1% na altura média do CMJ após uma ultramaratona de montanha de 73 km.

Além disso, uma perda média na massa corporal de 2,3% foi reportada após a primeira prova. No entanto, este achado não corrobora com os resultados de Lazzer *et al.* (2015) e Belinchon-Demiguel e Clemente-Suárez (2018), que encontraram uma

perda na massa corporal de ~5,8% após corridas de 43 e 51,2 km em percurso montanhoso e mais de 3.000m de desnível positivo. As diferenças podem ser explicadas claramente pelas divergências nas condições das provas, sendo os estudos citados, provas mais exigentes do sistema fisiológico e demandam uma duração maior que 6 horas. Talvez o estudo que mais se aproximou da nossa metodologia, foi o de Tam *et al.* (2011), que analisou provas de 21,1 e 56 km em percurso plano e reportou uma perda de peso após cada prova de 1,9% e 3,5%, respectivamente. Apesar de as diretrizes (ARMSTRONG *et al.*, 2007; SAWKA *et al.*, 2007; RODRIGUEZ *et al.*, 2009; KREIDER *et al.*, 2010) sugerirem perda da massa corporal máxima de 2% durante exercício físicos de resistência, uma perda de peso de até 5% é aceitável durante exercícios prolongados de várias horas, com o intuito de manter equilíbrio de água corporal e evitar o risco de hiponatremia (HOFFMAN *et al.*, 2018).

## 5.2 Parte 2

No presente estudo, foi hipotetizado que a adoção de uma estratégia de *pacing* constante, através de uma velocidade inicial lenta, seria capaz de melhorar o desempenho final em ultramaratona de 6 horas, como sugerido previamente nos estudos descritivos com ultramaratonas (LAMBERT *et al.*, 2004; PARISE e HOFFMAN, 2011; HOFFMAN, 2014; KNECHTLE *et al.*, 2015; RÜST *et al.*, 2015; RENFREE *et al.*, 2016; TAKAYAMA *et al.*, 2016; TAN *et al.*, 2016; BOSSI *et al.*, 2017). No entanto, apesar dos atletas terem sido forçados a empregarem uma velocidade inicial mais baixa durante os primeiros 10% de prova e demonstrarem um aumento a 50% e 90%, o desempenho não foi diferente. É importante destacar que antes de ambas as provas, os participantes apresentaram a mesma massa corporal, potência muscular (CMJ), recuperação (TQR) e nível de fadiga (ROF), sugerindo que eles iniciaram ambas, nas mesmas condições fisiológicas. Além disso, as condições climáticas, evidenciadas pela temperatura ambiental, humidade relativa do ar e velocidade do vento, foram bastante consistentes. No entanto, a motivação e a disposição a ter sucesso na tarefa (questionário de Matthews) foram menores antes da segunda prova, o que pode ter sido o principal fator influenciador dos resultados.

Como mostrado recentemente por Skorski e Abbiss (2017), forçar os atletas a adotarem uma estratégia de *pacing* específica pode afetar diretamente a motivação para realizar uma devida tarefa e, conseqüentemente, o desempenho. Além disso, comparado com exercícios *self-paced*, a manipulação da intensidade da atividade, pode alterar o foco de atenção (BRICK *et al.*, 2016), reduzindo a capacidade de regulação da intensidade do exercício, o que pode resultar em um maior estresse fisiológico e cognitivo, reduzindo a capacidade física (BILLAT *et al.*, 2006; LANDER *et al.*, 2009; SKORSKI e ABBISS, 2017). Finalmente, a manipulação da velocidade inicial, pode ter sido suficiente para “remover” o fator competitivo, de forma que os participantes foram separados em função de velocidades diferentes. Desta forma, podemos pressupor que esta situação influenciou o foco de atenção dos atletas, o que também pode explicar o porquê deles não terem melhorado seu desempenho na segunda prova (OUVRARD *et al.*, 2018).

Portanto, mesmo que os participantes não tenham sido informados sobre a manipulação do *pacing* até o dia da prova, a insegurança sobre qual intervenção seria feita, pode ter gerado um maior estresse psicológico. No entanto, mesmo diante de

uma situação desfavorável, os atletas foram capazes de realizar o mesmo desempenho da prova *self-paced*. Desta forma, dado que os atletas se encontravam em um estado de motivação mais baixo e maior estresse psicológico, podemos sugerir ainda, que se os atletas decidirem adotar conscientemente uma estratégia de  *pacing* mais constante, com uma velocidade inicial conservadora e, se mantendo altamente motivados, eles podem ser capazes de percorrer uma distância maior. Do mesmo modo, o desenvolvimento da PSE e fadiga foram consistentemente menores durante toda a segunda prova. Seguindo a linha de raciocínio anterior, os atletas foram capazes de atingir a mesma distância, com uma PSE e fadiga menores, ratificando a implicação de que, se adotada uma estratégia de  *pacing* constante com níveis similares de esforço e fadiga, o desempenho seria melhorado.

É importante salientar que apesar de termos tentado atribuir uma estratégia de  *pacing* constante durante a segunda prova, o comportamento que observamos foi diferente. Após os 36 minutos iniciais, os atletas buscaram aumentar significativamente a velocidade, ao invés de tentarem manter uma velocidade relativa constante. Este padrão de distribuição da intensidade pode ter sido observado, em função do “comportamento de manada” (BARNEJEE, 1992; RENFREE e GIBSON, 2013; ESTEVE-LANAO *et al.*, 2014), no qual os atletas procuram responder às ações táticas de competidores diretos adotando a mesma estratégia. Reforçando essa ideia, como o circuito foi de apenas 400 metros, os atletas podem manter contato visual com outros corredores durante toda a prova e, portanto, a ação tática de outros participantes pode ter sido fundamental para influenciar o padrão de toda a amostra.

Finalmente, uma variedade de estudos tenta explicar como as estratégias de  *pacing* são reguladas pelo organismo (ULMER, 1996; NOAKES, 2000; MARCORA, 2008; EDWARDS e POLMAN, 2013; MICKLEWRIGHT, DOMINIC *et al.*, 2017), destacando a complexidade desta variável. Porém, a discussão de cada uma delas vai além do escopo deste estudo. No entanto, podemos salientar que alguns fatores são compartilhados por todas as teorias. Somado aos resultados deste estudo, fica evidente que as sensações de esforço e fadiga, o conhecimento do tempo para o final do exercício e da distância aproximada remanescente são determinantes na regulação do  *pacing* (KONINGS e HETTINGA, 2018). Além disso, podemos enfatizar a importância da regulação da intensidade do exercício baseado no estado interno do atleta em conjunto com o processo de tomada de decisão envolvido nas estratégias de  *pacing*. Desta forma, a distribuição da intensidade do exercício durante a segunda

prova, demonstrou que os atletas tentaram “recuperar o tempo perdido” após 10% de prova, quando a percepção de esforço deles se encontrava muito aquém do esperado para tal momento de prova. Este comportamento corrobora as teorias de que a distribuição do esforço durante uma atividade é baseada em experiências prévias, na qual o atleta compara a PSE momentânea com a esperada para determinado momento da prova (TUCKER, 2009; ROELANDS *et al.*, 2013).

No entanto, os estudos que avaliaram o comportamento dessas variáveis durante diversas modalidades de exercício analisaram, em grande parte, testes laboratoriais *self-paced* isolados, desconsiderando a importância e influência do efeito “competição” e presença de outros competidores durante o exercício (SMITS *et al.*, 2014; KONINGS e HETTINGA, 2018). Portanto, mais estudos são necessários considerando a interação entre a regulação da intensidade de exercício e fatores externos como ações táticas de outros atletas.

As alterações mecânicas apresentaram diferenças consistentes entre as provas, devido principalmente à manipulação da velocidade inicial de corrida. O  $t_c$  durante a segunda prova, foi maior na primeira volta e com 30 minutos, momentos em que os atletas correram com velocidades ~18% mais baixas em relação a primeira prova. Além disso, o  $t_a$  apresentou uma diminuição nos mesmos pontos de tempo, evidenciando a influência da velocidade nos parâmetros mecânicos da corrida. A SL foi menor durante a segunda prova nos 3 primeiros pontos de tempo. Apesar da diferença encontrada com 1 hora de prova, momento que os atletas estavam correndo com velocidade livre, é evidente o aumento nesta variável após 30 minutos. Em relação a SF, surpreendentemente, foi encontrada uma diferença entre as provas com 30 minutos. Podemos sugerir que durante a primeira volta, os atletas adotaram uma velocidade média mais alta do que a proposta, aproximando aos valores da primeira prova. Apenas com 30 minutos, eles estavam correndo consistentemente na velocidade proposta, diminuindo conseqüentemente a SF. No entanto, como não analisamos o tempo de cada volta, podemos apenas especular sobre os motivos desta diferença encontrada. Estes resultados implicam que além das mecânicas de corrida serem influenciadas pelo estresse imposto ao organismo durante provas de ultramaratona, mudanças bruscas na velocidade e na estratégia de *pacing*, são fatores que devem ser considerados quando estas variáveis estão sob análise.

Assim como na primeira prova, as variáveis massa corporal e CMJ sofreram uma diminuição de mesma magnitude estatística durante a segunda prova (tabela 2).

Desta forma, podemos sugerir que ambas as provas submeteram os participantes ao mesmo impacto fisiológico e, portanto, independente se os atletas adotam uma estratégia com velocidade inicial alta e maior PSE e fadiga, a perda de potência e massa muscular não se altera. Como proposto por Hoffman *et al.* (2018), a mudança na massa corporal durante um exercício não necessariamente reflete uma diminuição direta no estado de hidratação. Por outro lado, deve-se considerar também o efeito das mudanças na massa corporal decorrentes do uso do substrato energético, liberação da água relacionada ao metabolismo do glicogênio e a produção hídrica durante o metabolismo energético. Além disso, o mesmo estudo sugere uma perda 1,9% a 5,0% para manter o equilíbrio de água do corpo durante corridas de ultramaratona, sem comprometer o desempenho e evitando hiponatremia. De fato, Knechtle e Nikolaidis (2018) demonstraram recentemente que os atletas mais rápidos apresentam uma maior perda de massa corporal durante provas de ultramaratona, sugerindo um efeito ergogênico do desempenho neste tipo de prova.

Finalmente, este estudo não está isento de limitações. Por exemplo, o ambiente externo, não controlado, pode ter sido um fator influenciador dos resultados, mesmo que as condições ambientais tenham sido consistentes durante ambas as provas. Além disso, o menor número de participantes na segunda prova, pode ter afetado a situação competitiva com outros corredores, implicando mais uma situação cooperativa entre eles. Devido às dificuldades metodológicas, não fomos capazes de controlar e comparar as variáveis nutricionais durante ambas as provas, mesmo que os atletas tenham sido instruídos a manterem o mesmo padrão de consumo energético e líquido antes e durante as provas. Por fim, como o intervalo de 4 semanas entre as provas não foi analisado, podemos questionar se o nível de treinamento dos atletas sofreu alteração, mesmo que a amostra tenha sido composta por atletas experientes e, portanto, menos suscetíveis a alterações bruscas no desempenho em 4 semanas.

Este foi o primeiro estudo a demonstrar que um início lento durante uma prova de ultramaratona de 6 horas pode não afetar diretamente o desempenho, no entanto, é capaz de diminuir o desenvolvimento da PSE e da fadiga. Além disso, um dos objetivos deste estudo é encorajar a adoção de mais protocolos experimentais de pesquisa durante este tipo de prova, dada a escassez de estudos científicos adotando tal metodologia de análise. Portanto, estudos com maior número de participantes em

um ambiente competitivo e com controle das variáveis de treinamento, nutrição e estado psicológico são necessários.

## 6 CONCLUSÃO

Pode-se concluir, portanto, que no geral os atletas adotam uma velocidade relativamente alta, decrescendo até metade da prova e buscando a manutenção até o final. Este padrão sigmoide de distribuição da intensidade, foi observado apenas em um estudo, compreendendo ultramaratonas de 100km, mas não descrito na literatura científica sobre estratégias de  *pacing*. Nossos resultados também demonstram um aumento linear da PSE e fadiga ao longo da ultramaratona *self-paced*, atingindo valores próximos ao máximo das escalas. Talvez, um aumento acentuado nas porções finais da prova, se deva à tentativa de manutenção do ritmo mesmo em situações adversas de fadiga e cansaço. Como proposto por estudos anteriores, as alterações mecânicas da corrida são provenientes de fadiga neuromuscular, de forma que os atletas adotam um padrão mais seguro, a fim de evitar a acentuação do dano muscular, mesmo em detrimento da economia de corrida.

Finalmente, a adoção de uma estratégia de  *pacing* com velocidade inicial baixa, não é capaz de melhorar o desempenho. No entanto, tal estratégia é capaz de diminuir a PSE e ROF. Além disso, a imposição de uma determinada velocidade pode afetar a motivação dos atletas, gerando uma maior carga de estresse psicológico, afetando diretamente o desempenho. Portanto, podemos sugerir ainda que se uma estratégia de  *pacing* constante for incluída durante o programa de treinamento do atleta, e desta forma, ele se mantiver motivado durante uma competição e distribuir seu esforço de forma eficiente, o desempenho tende a ser melhorado. Além disso, podemos concluir que as alterações mecânicas da corrida são provenientes tanto de mudanças na velocidade absoluta quando no desenvolvimento da fadiga.

## 7 REFERÊNCIAS

ABBISS, C. et al. Influence of starting strategy on cycling time trial performance in the heat. **Int J Sports Med**, v. 30, n. 03, p. 188-193, 2009.

ABBISS, C. R.; LAURSEN, P. B. Models to explain fatigue during prolonged endurance cycling. **Sports Med**, v. 35, n. 10, p. 865-898, 2005.

ABBISS, C. R.; LAURSEN, P.B. Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. **Sports Med**, v. 38, n. 3, p. 239-252, 2008.

ABBISS, C. R. et al. Difference in Pacing Between Time-and Distance-Based Time Trials in Trained Cyclists. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 11, n. 8, p. 1018-1023, 2016.

AKIMOV, E.; SON'KIN, V. Physiological effects of an ultra-marathon run. **Human Physiology**, v. 38, n. 6, p. 617-625, 2012.

ARMSTRONG, L. E. et al. Exertional heat illness during training and competition. **Med Sci Sports Exerc**, v. 39, n. 3, p. 556-572, 2007.

BALDUCCI, P. et al. Performance factors in a mountain ultramarathon. **Int J Sports Med**, v. 38, n. 11, p. 819-826, 2017.

BARNEJEE, A. A simple model of herd behaviour. **Q J Econ**, v. 107, n. 3, p. 797-818, 1992.

BELINCHON-DEMIGUEL, P.; CLEMENTE-SUÁREZ, V. J. Psychophysiological, Body Composition, Biomechanical and Autonomic Modulation Analysis Procedures in an Ultraendurance Mountain Race. **J Med Syst**, v. 42, n. 2, p. 32, 2018.

BILLAT, V. L. et al. Nonlinear dynamics of heart rate and oxygen uptake in exhaustive 10,000 m runs: influence of constant vs. freely paced. **J Physiol Sci**, v. 56, n. 1, p. 103-111, 2006.

- BORG, G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. **Scand J Rehabil Med**, v. 2, n. 2, p. 92-8, 1970.
- BOSCO, C.; LUHTANEN, P.; KOMI, P. V. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. **Eur J Appl Physiol**, v. 50, n. 2, p. 273-282, 1983.
- BOSSI, A. H. et al. Pacing Strategy During 24-Hour Ultramarathon-Distance Running. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 12, n. 5, p. 590-596, 2017.
- BRICK, N. E. et al. Altering pace control and pace regulation: attentional focus effects during running. **Med Sci Sports Exerc**, v. 48, n. 5, p. 879-886, 2016.
- BURNLEY, M.; JONES, A. M. Power–duration relationship: Physiology, fatigue, and the limits of human performance. **Eur J Sport Sci**, v. 18, n. 1, p. 1-12, 2018.
- CEJKA, N. et al. Participation and performance trends in 100-km ultra-marathons worldwide. **J Sports Sci**, v. 32, n. 4, p. 354-366, 2014.
- CHRYSSANTHOPOULOS, C. et al. Variability of performance during a 60-min running race. **J Sports Sci**, v. 33, n. 19, p. 2051-2060, 2015.
- CLAUDINO, J. G. et al. The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. **J Sci Med Sport**, v. 20, n. 4, p. 397-402, 2017.
- CORMACK, S. J. et al. Reliability of measures obtained during single and repeated countermovement jumps. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 3, n. 2, p. 131-144, 2008.
- DE KONING, J. J. et al. Regulation of pacing strategy during athletic competition. **PloS one**, v. 6, n. 1, p. e15863, 2011.
- DEANER, R. O. et al. Men are more likely than women to slow in the marathon. **Med Sci Sports Exerc**, v. 47, n. 3, p. 607, 2015.

DEGACHE, F. et al. Changes in running mechanics and spring-mass behaviour induced by a 5-hour hilly running bout. **J Sports Sci**, v. 31, n. 3, p. 299-304, 2013.

DEGACHE, F. et al. Running mechanics during the world's most challenging mountain ultramarathon. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 11, n. 5, p. 608-614, 2016.

DÍAZ, J. J.; FERNÁNDEZ-OZCORTA, E. J.; SANTOS-CONCEJERO, J. The influence of pacing strategy on marathon world records. **Eur J Sport Sci**, p. 1-6, 2018. [Epub ahead of print].

EDWARDS, A.; POLMAN, R. Pacing and awareness: brain regulation of physical activity. **Sports Med**, v. 43, n. 11, p. 1057-1064, 2013.

ENOKA, R. M.; DUCHATEAU, J. Translating fatigue to human performance. **Med Sci Sports Exerc**, v. 48, n. 11, p. 2228-2238, 2016.

ESTEVE-LANAO, J. et al. Running World Cross-Country Championships: a unique model for pacing. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 9, n. 6, p. 1000-1005, 2014.

ESTEVE-LANAO, J. et al. Running World Cross-Country Championships: a unique model for pacing. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 9, n. 6, p. 1000-1005, 2014.

ESTEVE-LANAO, J.; LUCIA, A.; FOSTER, C. How do humans control physiological strain during strenuous endurance exercise? **PLoS One**, v. 3, n. 8, p. e2943, 2008.

FOLLAND, J. P. et al. Running technique is an important component of running economy and performance. **Med Sci Sports Exerc**, v. 49, n. 7, p. 1412, 2017.

FOSTER, C. et al. Pacing strategy and athletic performance. **Sports Med**, v. 17, n. 2, p. 77-85, 1994.

GALBRAITH, A. et al. A 1-year study of endurance runners: training, laboratory tests, and field tests. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 9, n. 6, p. 1019-1025, 2014.

GALBRAITH, A. et al. A single-visit field test of critical speed. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 9, n. 6, p. 931-935, 2014.

GALBRAITH, A. et al. A novel field test to determine critical speed. **J Sports Med Doping Stud**, v. 1, n. 1, p. 1-4, 2011.

GIMENEZ, P. et al. Changes in the energy cost of running during a 24-h treadmill exercise. **Med Sci Sports Exerc**, v. 45, n. 9, p. 1807-13, 2013.

GIOVANELLI, N.; TABOGA, P.; LAZZER, S. Changes in running mechanics during a six hours running race. **Int. J. Sports Physiol. Perform**, v. 12, n. 5, p. 642-647, 2016.

HANLEY, B. Pacing profiles and pack running at the IAAF World Half Marathon Championships. **J Sports Sci**, v. 33, n. 11, p. 1189-1195, 2015.

HOFFMAN, M. D. Ultramarathon trail running comparison of performance-matched men and women. **Med Sci Sports Exerc**, v. 40, n. 9, p. 1681-1686, 2008.

HOFFMAN, M. D. Pacing by winners of a 161-km mountain ultramarathon. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 9, n. 6, p. 1054-1056, 2014.

HOFFMAN, M. D. State of the Science—Ultraendurance Sports. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 11, n. 6, p. 831-832, 2016.

HOFFMAN, M. D.; GOULET, E. D.; MAUGHAN, R. J. Considerations in the use of body mass change to estimate change in hydration status during a 161-kilometer ultramarathon running competition. **Sports Med**, v. 48, n. 2, p. 243-250, 2018.

HOFFMAN, M. D.; KRISHNAN, E. Exercise behavior of ultramarathon runners: baseline findings from the ULTRA study. **J Strength Cond Res**, v. 27, n. 11, p. 2939-2945, 2013.

HOFFMAN, M. D.; ONG, J. C.; WANG, G. Historical analysis of participation in 161 km ultramarathons in North America. **Int J Hist Sport**, v. 27, n. 11, p. 1877-1891, 2010.

HOFFMAN, M. D.; WEGELIN, J. A. The Western States 100-mile endurance run: participation and performance trends. **Med Sci Sports Exerc**, v. 41, n. 12, p. 2191, 2009.

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **Br J Nutr**, v. 40, n. 3, p. 497-504, 1978.

JONES, A. M.; VANHATALO, A. The 'Critical Power' Concept: Applications to Sports Performance with a Focus on Intermittent High-Intensity Exercise. **Sports Med**, v. 47, n. 1, p. 65-78, 2017.

KENTTA, G.; HASSMEN, P. Overtraining and recovery. A conceptual model. **Sports Med**, v. 26, n. 1, p. 1-16, 1998.

KERHERVÉ, H. A. et al. Influence of exercise duration on cardiorespiratory responses, energy cost and tissue oxygenation within a 6 hour treadmill run. **PeerJ**, v. 5, p. e3694, 2017.

KERHERVÉ, H. A. et al. Calf compression sleeves change biomechanics but not performance and physiological responses in trail running. **Front Physiol**, v. 8, p. 247, 2017.

KIM, H. K.; MIRJALILI, S. A.; FERNANDEZ, J. Gait kinetics, kinematics, spatiotemporal and foot plantar pressure alteration in response to long-distance running: Systematic review. **Hum Mov Sci**, v. 57, p. 342-356, 2017.

KNECHTLE, B.; NIKOLAIDIS, P. T. Physiology and pathophysiology in ultra-marathon running. **Front Physiol**, v. 9, p. 634, 2018.

KNECHTLE, B. et al. Pacing strategy in male elite and age group 100 km ultra-marathoners. **Open Access J Sports Med**, v. 20, n. 6, p. 71-80, 2015.

KONINGS, M. J.; HETTINGA, F. J. Pacing Decision Making in Sport and the Effects of Interpersonal Competition: A Critical Review. **Sports Med**, 2018. [Epub ahead of print].

KONINGS, M. J. et al. Racing an Opponent: Alteration of Pacing, Performance, and Muscle-Force Decline but Not Rating of Perceived Exertion.. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 13, n. 3, p. 1-24, 2017.

KRANENBURG, K. J.; SMITH, D. J. Comparison of critical speed determined from track running and treadmill tests in elite runners. **Med Sci Sports Exerc**, v. 28, n. 5, p. 614-618, 1996.

KREIDER, R. B. et al. ISSN exercise & sport nutrition review: research & recommendations. **J Int Soc Sports Nutr**, v. 7, n. 1, p. 7, 2010.

LAMBERT, M. I. et al. Changes in running speeds in a 100 km ultra-marathon race. **J Sports Sci Med**, v. 3, n. 3, p. 167-173, 2004.

LANDER, P. J.; BUTTERLY, R. J.; EDWARDS, A. M. Self-paced exercise is less physically challenging than enforced constant pace exercise of the same intensity: influence of complex central metabolic control. **Br J Sports Med**, v. 43, n. 10, p. 789-795, 2009.

LAZZER, S. et al. Effects of the Etna uphill ultramarathon on energy cost and mechanics of running. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 10, n. 2, p. 238-247, 2015.

LIMA-SILVA, A. E. et al. Effect of performance level on pacing strategy during a 10-km running race. **Eur J Appl Physiol**, v. 108, n. 5, p. 1045-1053, 2010.

LOMBARD, W. et al. Reliability of metrics associated with a counter-movement jump performed on a force plate. **Meas Phys Educ Exerc Sci**, v. 21, n. 4, p. 235-243, 2017.

MARCH, D. S. et al. Age, sex, and finish time as determinants of pacing in the marathon. **J Strength Cond Res**, v. 25, n. 2, p. 386-391, 2011.

MARCORA, S. M. Do we really need a central governor to explain brain regulation of exercise performance? **Eur J Appl Physiol**, v. 104, n. 5, p. 929, 2008.

MARCORA, S. M.; STAIANO, W. The limit to exercise tolerance in humans: mind over muscle? **Eur J Appl Physiol**, v. 109, n. 4, p. 763-770, 2010.

MARTIN, V. et al. Central and peripheral contributions to neuromuscular fatigue induced by a 24-h treadmill run. **J Appl Physiol**, v. 108, n. 5, p. 1224-1233, 2010.

MATTHEWS, G.; CAMPBELL, S. E.; FALCONER, S. Assessment of motivational states in performance environments. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 2001, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA. p.906-910.

MATURANA, F. M. et al. Critical power: How different protocols and models affect its determination. **J Sci Med Sport**, v. 21, n. 7, p. 742-747, 2017.

MICKLEWRIGHT, D. et al. Development and Validity of the Rating-of-Fatigue Scale. **Sports Med**, v. 47, n. 11, p. 2375-2393, 2017.

MICKLEWRIGHT, D. et al. Will the Conscious–Subconscious Pacing Quagmire Help Elucidate the Mechanisms of Self-Paced Exercise? New Opportunities in Dual Process Theory and Process Tracing Methods. **Sports Med**, v. 47, n. 7, p. 1231-1239, 2017.

MICKLEWRIGHT, D. et al. Perceived exertion influences pacing among ultramarathon runners but post-race mood change is associated with performance expectancy. **S Afr J Sports Med**, v. 21, n. 4, p. 167-172, 2009.

MILLET, G. et al. Physiological and biological factors associated with a 24 h treadmill ultra-marathon performance. **Scand J Med Sci Sports**, v. 21, n. 1, p. 54-61, 2011.

MILLET, G. Y. Can Neuromuscular Fatigue Explain Running Strategies and Performance in Ultra-Marathons? **Sports Med**, v. 41, n. 6, p. 489-506, 2011.

MILLET, G. Y.; HOFFMAN, M. D.; MORIN, J.-B. Sacrificing economy to improve running performance—a reality in the ultramarathon? **J Appl Physiol**, v. 113, n. 3, p. 507-509, 2012.

MONOD, H.; SCHERRER, J. The work capacity of a synergic muscular group. **Ergonomics**, v. 8, n. 3, p. 329-338, 1965.

MOORE, I. S. Is there an economical running technique? A review of modifiable biomechanical factors affecting running economy. **Sports Med**, v. 46, n. 6, p. 793-807, 2016.

MORIN, J.-B.; SAMOZINO, P.; MILLET, G. Y. Changes in running kinematics, kinetics, and spring-mass behavior over a 24-h run. **Med Sci Sports Exerc**, v. 43, n. 5, p. 829-836, 2011.

MORIN, J. et al. Changes in running mechanics and spring–mass behavior induced by a mountain ultra-marathon race. **J Biomech**, v. 44, n. 6, p. 1104-1107, 2011.

NICOLÒ, A.; MARCORA, S. M.; SACCHETTI, M. Respiratory frequency is strongly associated with perceived exertion during time trials of different duration. **J Sports Sci**, v. 34, n. 13, p. 1199-1206, 2016.

NOAKES, T. Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptations that predict or enhance athletic performance. **Scand J Med Sci Sports**, v. 10, n. 3, p. 123-145, 2000.

NOAKES, T. D. The limits of endurance exercise. **Basic Res Cardiol**, v. 101, n. 5, p. 408-417, 2006

OUVRARD, T. et al. Mechanisms of Performance Improvements Due to a Leading Teammate During Uphill Cycling. **Int J Sports Physiol Perform**, p. 1-25, 2018. [Epub ahead of print].

PADILLA, S. et al. Scientific approach to the 1-h cycling world record: a case study. **J Appl Physiol**, v. 89, n. 4, p. 1522-1527, 2000.

PARISE, C. A.; HOFFMAN, M. D. Influence of temperature and performance level on pacing a 161 km trail ultramarathon. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 6, n. 2, p. 243-251, 2011.

PETTITT, R. W. Applying the critical speed concept to racing strategy and interval training prescription. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 11, n. 7, p. 842-847, 2016.

RENFREE, A.; CRIVOI DO CARMO, E.; MARTIN, L. The influence of performance level, age and gender on pacing strategy during a 100-km ultramarathon. **Eur J Sport Sci**, v. 16, n. 4, p. 409-415, 2016.

RENFREE, A.; GIBSON, A. S. C. Influence of different performance levels on pacing strategy during the Women's World Championship marathon race. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 8, n. 3, p. 279-285, 2013.

RODRIGUEZ, N. R.; DIMARCO, N. M.; LANGLEY, S. Nutrition and athletic performance. **Med Sci Sports Exerc**, v. 41, n. 3, p. 709-731, 2009.

ROELANDS, B. et al. Neurophysiological determinants of theoretical concepts and mechanisms involved in pacing. **Sports Med**, v. 43, n. 5, p. 301-311, 2013.

RÜST, C. A. et al. Do non-elite older runners slow down more than younger runners in a 100 km ultra-marathon? **BMC Sports Sci Med Rehabil**, v. 7, n. 1, p. 1, 2015.

SAWKA, M. et al. Exercise and fluid replacement. American College of Sports Medicine position stand. **Med Sci Sports Exerc**, v. 39, n. 2, p. 377-90, 2007.

SEILER, S.; SYLTA, Ø. How Does Interval-Training Prescription Affect Physiological and Perceptual Responses? **Int J Sports Physiol Perform**, v. 12, n. 2, p. 80-86, 2017.

SKORSKI, S.; ABBISS, C. R. The manipulation of pace within endurance sport. **Front Physiol**, v. 8, p. 102, 2017.

SMALL, K.; SMITH, A.; NICOLA, R. Musculoskeletal injury rates in multiday marathon runners performing a repeat course. **Br J Sports Med**, v. 51, n. 4, p. 390-391, 2017.

SMITS, B. L.; PEPPING, G.-J.; HETTINGA, F. J. Pacing and decision making in sport and exercise: the roles of perception and action in the regulation of exercise intensity. **Sports Med**, v. 44, n. 6, p. 763-775, 2014.

TAKAYAMA, F.; AOYAGI, A.; NABEKURA, Y. Pacing strategy in a 24-hour ultramarathon race. **Int J Perform Anal Sport**, v. 16, n. 2, p. 498-507, 2016.

TAM, N.; NOLTE, H. W.; NOAKES, T. D. Changes in total body water content during running races of 21.1 km and 56 km in athletes drinking ad libitum. **Clin J Sport Med**, v. 21, n. 3, p. 218-225, 2011.

TAN, P. L.; TAN, F. H.; BOSCH, A. N. Similarities and Differences in Pacing Patterns in a 161-km and 101-km Ultra-Distance Road Race. **J Strength Cond Res**, v. 30, n. 8, p. 2145-2155, 2016.

THOMPSON, K. Pacing: Individual strategies for optimal performance. **Human Kinetics**, 2014.

THOMPSON, M. Physiological and biomechanical mechanisms of distance specific human running performance. **Integr Comp Biol**, v. 57, n. 2, p. 293-300, 2017.

TUCKER, R. The anticipatory regulation of performance: the physiological basis for pacing strategies and the development of a perception-based model for exercise performance. **Br J Sports Med**, v. 43, n. 6, p. 392-400, 2009

TUCKER, R.; NOAKES, T. D. The physiological regulation of pacing strategy during exercise: a critical review. **Br J Sports Med**, v. 43, n. 6, p. 1-9, 2009.

ULMER, H.-V. Concept of an extracellular regulation of muscular metabolic rate during heavy exercise in humans by psychophysiological feedback. **Experientia**, v. 52, n. 5, p. 416-420, 1996.

VERNILLO, G. et al. Energy cost and kinematics of level, uphill and downhill running: fatigue-induced changes after a mountain ultramarathon. **J Sports Sci**, v. 33, n. 19, p. 1998-2005, 2015.

VERNILLO, G. et al. Influence of the world's most challenging mountain ultramarathon on energy cost and running mechanics. **Eur J Appl Physiol**, v. 114, n. 5, p. 929-939, 2014.

WOLLSEIFFEN, P. et al. The effect of 6 h of running on brain activity, mood, and cognitive performance. **Exp Brain Res**, v. 234, n. 7, p. 1829-1836, 2016.

ZINGG, M. et al. Master runners dominate 24-h ultramarathons worldwide—a retrospective data analysis from 1998 to 2011. **Extrem Physiol Med**, v. 2, n. 1, p. 21, 2013.

ZINGG, M. A. et al. Analysis of participation and performance in athletes by age group in ultramarathons of more than 200 km in length. **Int J Gen Med**, v. 6, p. 209-220, 2013.

## APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O Sr. (a) está sendo convidado (a) como voluntário (a) a participar da pesquisa “Efeito da velocidade inicial no desempenho e alterações mecânicas da corrida em ultramaratona de 6 horas”. Nesta pesquisa pretendemos investigar a estratégia de  *pacing*  adotada pelos atletas em ultramaratona de 6h. Além disso, analisar as mudanças biomecânicas da passada ao longo da prova. O motivo que nos leva a estudar, é uma inconsistência nos resultados acerca da melhor estratégia de  *pacing*  adotada pelos corredores durante ultramaratonas e como as alterações das características da passada afetam o desempenho.

Para esta pesquisa adotaremos os seguintes procedimentos: O Sr. (a) participará de 3 sessões de teste (realizados na Faculdade de Educação Física da UFJF). Na primeira, será feito um teste incremental para determinar o seu nível de desempenho. Sete dias depois, realizará uma ultramaratona de 6h. Após 4 semanas, será realizada outra ultramaratona de 6h. Os riscos envolvidos na pesquisa são ínfimos. Nenhuma técnica invasiva será utilizada na coleta de dados e o esforço exercido pelos sujeitos durante os testes será em uma intensidade já familiarizada por eles. Possíveis modificações fisiológicas durante o teste podem gerar desconforto, dor muscular tardia, cansaço e incômodo, porém, novamente, é algo que os participantes já estão completamente habituados. Além disso haverá uma equipe médica a disposição dos atletas durante todas as provas. A pesquisa contribuirá para a área das Ciências do Esporte e Desempenho, e principalmente para os envolvidos na prática de ultramaratona, pois proporcionará informações relevantes para o monitoramento do desempenho durante uma prova de ultramaratona e experiências práticas aplicáveis aos participantes. Além disso, os participantes receberão um feedback completo a respeito do seu desempenho nas duas provas, além dos resultados da antropometria e teste incremental, fundamentais no controle e prescrição do seu treinamento.

Para participar deste estudo o Sr (a) não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Eventuais gastos com deslocamento serão ressarcidos pelo pesquisador. Apesar disso, caso sejam identificados e comprovados danos provenientes desta pesquisa, o Sr.(a) tem assegurado o direito a indenização. Apesar disso, caso sejam identificados e comprovados danos provenientes desta pesquisa, o

Sr.(a) tem assegurado o direito a indenização. O Sr. (a) terá o esclarecimento sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que o Sr. (a) é atendido (a). O pesquisador tratará a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão.

O (A) Sr (a) não será identificado (a) em nenhuma publicação que possa resultar.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável, na Faculdade de Educação Física e Desportos da Universidade Federal de Juiz de Fora e a outra será fornecida ao Sr. (a). Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos, e após esse tempo serão destruídos. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resolução Nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde), utilizando as informações somente para os fins acadêmicos e científicos.

Eu, \_\_\_\_\_, portador do documento de Identidade \_\_\_\_\_ fui informado (a) dos objetivos da pesquisa “Efeito da velocidade inicial no desempenho e alterações mecânicas da corrida em ultramaratona de 6 horas”, de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar.

Declaro que concordo em participar. Recebi uma via original deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada à oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Juiz de Fora, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2017.

---

Assinatura do Participante

---

Assinatura do (a) Pesquisador (a)

**Nome do Pesquisador Responsável:** Guilherme Garcia Matta

**Endereço:** Rua Doutor José Barbosa, 146/403 – São Mateus

**CEP:** 36025-270/ Juiz de Fora – MG

**Fone:** (32) 9 9964-0450

**E-mail:** guilhermegmatta@gmail.com

**ANEXO A – ESCALA ROF (RATINGS OF FATIGUE)**

---

10	<b>Totalmente fadigado - exausto</b>	
9		
8	<b>Muito fadigado</b>	
7		
6		
5	<b>Moderadamente fadigado</b>	
4		
3	<b>Um pouco fadigado</b>	
2		
1		
0	<b>Nada fadigado</b>	

---

Micklewright et al., 2017

## ANEXO B – QUESTIONÁRIO DE MOTIVAÇÃO

NOME: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_/\_\_/\_\_\_\_

### MOTIVAÇÃO

Por favor, responda algumas perguntas sobre a sua motivação em completar a **tarefa** que você está prestes a realizar (**ULTRAMARATONA DE 6 H**). Classifique as afirmações de acordo com seu nível de concordância em relação a elas, atribuindo uma das seguintes respostas:

0 = nada; 1 = quase nada; 2 = um pouco; 3 = muito; 4 = extremamente

Certifique-se que você respondeu todas as questões.

1	Eu espero que o conteúdo da tarefa seja interessante	0	1	2	3	4
2	A única razão para realizar a tarefa é ganhar alguma recompensa	0	1	2	3	4
3	Eu preferiria utilizar o tempo gasto com a tarefa fazendo outra coisa.	0	1	2	3	4
4	Eu estou preocupado em não desempenhar tão bem quanto posso	0	1	2	3	4
5	Eu quero desempenhar melhor do que a maioria das pessoas	0	1	2	3	4
6	Eu ficarei “de saco cheio” ao realizar a tarefa	0	1	2	3	4
7	Eu ficaria desapontado se não desempenhasse bem na tarefa	0	1	2	3	4
8	Eu não vejo a hora de desempenhar bem	0	1	2	3	4
9	Eu estou comprometido em atingir minhas metas de desempenho	0	1	2	3	4
10	Vale a pena realizar a tarefa	0	1	2	3	4
11	Eu espero que a tarefa será entediante	0	1	2	3	4
12	Eu me sinto apático em relação ao meu desempenho	0	1	2	3	4
13	Eu quero ter sucesso na tarefa	0	1	2	3	4
14	A tarefa vai estimular meu espírito competitivo	0	1	2	3	4
15	Eu estou motivado para realizar a tarefa	0	1	2	3	4

**ANEXO C – ESCALA TQR (TOTAL QUALITY RECOVERY)****Como você se sente com relação a sua recuperação?**

- 6 Em Nada Recuperado
- 7 Extremamente Mal Recuperado
- 8
- 9 Muito Mal Recuperado
- 10
- 11 Mal Recuperado
- 12
- 13 Razoavelmente Recuperado
- 14
- 15 Bem Recuperado
- 16
- 17 Muito Bem Recuperado
- 18
- 19 Extremamente Bem Recuperado
- 20 Totalmente Bem Recuperado

**ANEXO B – ESCALA PSE (PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO)**

---

<b>6</b>	<b>Sem nenhum esforço</b>
<b>7</b>	<b>Extremamente leve</b>
<b>8</b>	
<b>9</b>	<b>Muito leve</b>
<b>10</b>	
<b>11</b>	<b>Leve</b>
<b>12</b>	
<b>13</b>	<b>Um pouco intenso</b>
<b>14</b>	
<b>15</b>	<b>Intenso (pesado)</b>
<b>16</b>	
<b>17</b>	<b>Muito intenso</b>
<b>18</b>	
<b>19</b>	<b>Extremamente intenso</b>
<b>20</b>	<b>Máximo esforço</b>

---

Borg, 1970