



Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança  
Programa de Pós Graduação em Ciências do Movimento Humano

**Marcos Paulo Bienert Masiero**

**Fisiomecânica das corridas intervalada e contínua em  
velocidade associada ao  $VO_{2m\acute{a}x}$**

Porto Alegre

2019

**Marcos Paulo Bienert Masiero**

**Fisiomecânica das corridas intervalada e contínua em  
velocidade associada ao  $VO_{2máx}$**

**Dissertação de Mestrado  
apresentada no Programa de Pós  
Graduação e Ciências do Movimento  
Humano da Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul como requisito  
parcial para obtenção do título de  
Mestre em Ciências do Movimento  
Humano**

**Orientador: Prof. Dr. Leonardo Alexandre Peyré Tartaruga**

Porto Alegre  
2019

**Fisiomecânica das corridas intervalada e contínua em  
velocidade associada ao  $VO_{2\text{máx}}$**

Conceito final:

Aprovado em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Flávio Antônio de Souza Castro – UFRGS

---

Prof. Dra. Gabriela Fischer – UFSC

---

Prof. Dr. Alessandro Moura Zagatto – UNESP

---

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Alexandre Peyré Tartaruga – UFRGS

### CIP - Catalogação na Publicação

Masiero, Marcos Paulo Bienert  
Fisiomecânica das corridas intervalada e contínua  
em velocidade associada ao VO<sub>2</sub>máx / Marcos Paulo  
Bienert Masiero. -- 2019.  
76 f.  
Orientador: Leonardo Alexandre Peyré Tartaruga.

Coorientador: Rodrigo Gomes da Rosa.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Escola de Educação Física, Programa  
de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano,  
Porto Alegre, BR-RS, 2019.

1. Fisiomecânica. 2. Corrida. 3. Treinamento. 4.  
Desempenho. I. Tartaruga, Leonardo Alexandre Peyré,  
orient. II. da Rosa, Rodrigo Gomes, coorient. III.  
Titulo.

## Agradecimentos

Existem dois tipos de pesquisa a serem feitas, as que não valem a pena, e as que dão muito trabalho. E para ir pelo caminho trabalho e recompensador são necessárias várias mãos e muita pessoas para servirem de apoio durante os estudos.

Naturalmente, um desses apoios foi o meu orientador, Leonardo Tartaruga, que acreditou na proposta que estava para ser desenvolvida, e me guiou durante toda a minha formação durante o mestrado.

Esse apoio, técnico e moral veio de pessoas e localidades muitas vezes inesperadas, possibilitando a realização deste estudo e principalmente, aumentando em muitas vezes a qualidade do que vai ser lido daqui em diante. Muitos conselhos me foram dados antes de realizar o estudo, durante a realização, e tenho certeza que serão dados ainda após a conclusão desta etapa. Meu muito obrigado aos professores Gaspare Pavei, Alessandro Zagatto, Gabriela Fischer, Flávio Castro, Álvaro Oliveira, Ronei Pinto, e é claro, o doutor mais moderno entre estes, Rodrigo Rosa, que além de ser um grande amigo e co-orientador, é um exemplo de profissional e acadêmico a ser seguido.

Entretanto, de teorias e conceitos se escreve apenas um projeto, mas para ele sair do papel muito trabalho foi necessário, e muitas horas de sono foram “realocadas”. Para que as minhas ideias saíssem do papel, uma grande equipe foi necessária. Agradeço profundamente ao Francesco Boeno e Henrique Bianchi por abraçarem comigo todas as análises sanguíneas e de composição corporal, respectivamente. Também devo muito aos mestrandos Ana Zanardi e Edson Silva que estavam comigo em praticamente todos os testes, colocando momentaneamente de lado os seus próprios projetos para me dar um apoio irrestrito, durante os últimos anos se mostraram muito mais irmãos do que colegas. E é claro, os bolsistas de graduação não podem deixar de ser lembrados! Patrick Guimarães, Esthevan Santos, Vivian Muller e Carlos Castilhos, eu tentei passar a vocês o máximo de conhecimento possível, mas tenho certeza que aprendi com vocês muito mais do que ensinei, e aprendi lições que ninguém mais poderia me ensinar. Muito obrigado pela colaboração.

E por último, quem a partir de agora virá sempre em primeiro lugar. Agradeço à Priscila Antunes pela compreensão nos momentos que eu estava preocupado com os estudos, por receber várias recusas de viagens e passeios pois eu precisava de mais tempo para estudar, e por ser a minha válvula de escape sempre que estudar mais não era a solução. Mais do que uma namorada, durante esses anos foste a companheira que eu precisava.

Novamente, muito obrigado pela ajuda de todos. Sei que alguns dias é necessário paciência para lidar comigo, enquanto nos outros é necessária MUITA paciência. Ainda assim, cada um do seu modo, tornou meus sonhos e minhas convicções possíveis. A partir de aqui, segue o trabalho que foi escrito por mim, a partir de um esforço de todos nós.

## Lista de Figuras

Figura 1. Energias e modelo teórico de massa-mola. ....	12
Figura 2. Comportamento da duração do $T_{prop}$ , $T_{fren}$ , $T_{ce}$ e $T_{ae}$ com o aumento da velocidade. ....	16
Figura 3. Delineamento Experimental .....	23
Figura 4. Primeira parte da primeira sessão de testes – Teste incremental em esteira .....	24
Figura 5. Segunda parte da primeira sessão de testes – Verificação do $V_{O_2máx}$ .....	24
Figura 6. Segunda Sessão de Testes .....	25
Figura 7 Terceira Sessão de Testes. ....	26
Figura 8. Exemplo de janelamento de 50% dos testes. ....	32
Figura 9. Dados metabólicos e distância realizada durante os testes.....	35
Figura 10. Dados mecânicos analisados durante os testes. ....	36
Figura 11. Energia dispendida e custo de transporte durante os testes .....	37

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1. Caracterização da Amostra.....	34
------------------------------------------	----

## Lista de Equações

Equação 1. Cálculo da rigidez vertical ( $K_{\text{vert}}$ ).....	28
Equação 2. Cálculo da rigidez de perna ( $K_{\text{leg}}$ ) a partir da aceleração vertical máxima ( $a_{v\_m\acute{a}x}$ ). .....	28
Equação 3. Cálculo da rigidez de perna ( $K_{\text{leg}}$ ) a partir de força máxima ( $F_{v\_m\acute{a}x}$ ), .....	29
Equação 4. Cálculo da deformação de perna ( $\Delta L$ ).....	29
Equação 5. Cálculo do ângulo de ataque da perna ( $\theta$ ). .....	29
Equação 6. Cálculo do Custo Aeróbio de Corrida ( $C_{\text{aer}}$ ).....	30
Equação 7. Cálculo do Custo Anaeróbio de Corrida ( $C_{\text{ana}}$ ). .....	31
Equação 8. Cálculo do custo de transporte total ( $C_{\text{tot}}$ ). .....	31

## Lista de Abreviaturas, Siglas e Símbolos

$\emptyset$	Ângulo de Ataque da Perna
$\Delta L$	Deformação de Perna
$a_v$	Aceleração Vertical
$a_{v\_m\acute{a}x}$	Aceleração Vertical Máxima
$C_{aer}$	Custo Aeróbio
$C_{ana}$	Custo Anaeróbio
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CM	Centro de Massa
CP	Comprimento de Passada
$C_{tot}$	Custo de Transporte Total
DEXA	Método de Densitometria por Dupla Emissão de Raio-x
$D_{lim}$	Distância Limite
$E_{aer}$	Energia Aeróbia
$E_{ana}$	Energia Anaeróbia
ECO	Economia de Corrida
$E_{el}$	Energia Elástica
$EE_{lac}$	Equivalente Energético de Lactato
$EE_{O_2}$	Equivalente Energético de O <sub>2</sub>
Eff	Eficiência
$E_{tot}$	Energia Total
FC	Frequência Cardíaca
$F_{m\acute{a}x}$	Força Máxima
FP	Frequência de Passo
ForS	Forças de Reação do Solo
FS	Frequência do Sistema
$F_v$	Força Vertical
$F_{v\_m\acute{a}x}$	Força Vertical Máxima
ISAK	International Society for Advancement of Kineantropometry
$K_{leg}$	Rigidez de Perna
$K_{vert}$	Rigidez Vertical
LO	Comprimento de Perna
$[La^-]_s$	Lactato
MC	Massa Corporal
PSE	Percepção Subjetiva de Esforço
$S_a$	Deslocamento Aéreo
$S_{ae}$	Deslocamento Aéreo Efetivo
$S_c$	Deslocamento Durante o Contato

$S_{ce}$	Deslocamento Durante o Contato Efetivo
$S_v$	Deslocamento Vertical
$T_a$	Tempo Aéreo
$T_{ae}$	Tempo Aéreo Efetivo
$T_{fren}$	Tempo de Frenagem
$T_c$	Tempo de Contato
$T_{ce}$	Tempo de Contato Efetivo
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
$T_{lim}$	Tempo Limite
$T_p$	Tempo de Passo
$T_{prop}$	Tempo de Propulsão
$V_{CO2}$	Volume Expirado de CO2
$V_E$	Volume Expiratório
$\tilde{v}$	Velocidade
$\tilde{v}_{final}$	Velocidade do Último Estágio Completo no Teste Incremental
$\tilde{v}_{VO2máx}$	Velocidade Associada ao Consumo Máximo de O2
$V_{O2}$	Consumo de O2
$V_{O2\_máx}$	Consumo Máximo de O2
$V_{O2\_rep}$	Consumo de O2 em Repouso
$W_{mec}$	Trabalho Mecânico
$W_{met}$	Trabalho Metabólico

## RESUMO

**Introdução:** A locomoção tem grande importância na evolução da nossa espécie, o que pode ser notado através da presença de mecanismos de minimização energética. Atualmente muito se estuda o exercício com foco no treinamento esportivo, porém há a necessidade de investigar o comportamento desses mecanismos minimizadores durante sessões típicas de treinamento.

**Objetivos:** Analisar as respostas metabólicas, mecânicas, fisiomecânicas e do sistema massa-mola durante o exercício intervalado e contínuo até a exaustão.

**Métodos:** Foram recrutados 12 corredores de 20 a 50 anos, que tinham tempo em provas de 5km entre 15 e 19 minutos. Os sujeitos realizaram em ordem randomizada os dois seguintes protocolos de exaustão em velocidade associada ao consumo máximo de oxigênio: (a) em modo contínuo e (b) em modo intervalado com repetições de 400 m associados a intervalos de 50% do tempo de cada repetição. Foi realizada uma GEE para comparação dos modos (contínuo x intervalado) e estágios (0% x 25% x 50% x 75% x 100%) com post-hoc de Bonferroni.

**Resultados e Discussão:** Os sujeitos percorreram uma distância 2,4x maior durante o teste intervalado, implicando em maior tempo de exaustão e maior dispêndio energético, permitindo assim um maior estímulo de treinamento. Do ponto de vista mecânico e metabólico os sujeitos apresentaram o mesmo comportamento ao decorrer dos testes, sem diferença entre os protocolos, com aumento de  $T_{ce}$  e  $T_{prop}$ , aliado a diminuição de FS e  $K_{vert}$ . Do ponto de vista integrativo, o custo aeróbio foi significativamente maior para o teste intervalado (tamanho de efeito 3,1;  $p < 0,001$ ). Esse aumento do custo aeróbio parece estar associado à constante produção e metabolização do lactato e possíveis ineficiências das respectivas trocas energéticas.

**Conclusão:** No presente estudo foi possível verificar que os dois protocolos se comportam da mesma forma com o passar do tempo, e a utilização do treinamento intervalado não interfere na minimização de gasto energético, possibilitando um maior estímulo de treinamento. Além disso, o treinamento intervalado pode auxiliar na melhora do metabolismo anaeróbio uma vez que coloca o corpo sob maior demanda de produção e remoção de lactato.

**Palavras-chave:** Treinamento, minimização energética, massa-mola, tempo de contato, endurance.

# ABSTRACT

**Introduction:** Locomotion plays a critical role on our human evolution which can be observed through the presence of energetic minimization mechanisms.

**Objectives:** To analyze the metabolic, mechanical, biomechanical and spring-mass responses during continuous and interval exercise until exhaustion.

**Methods:** Twelve runners from 20 to 50 years old with 5km time between 15 and 19 minutes. The subjects performed in random order the following two exhaustion protocols at the speed associated with maximum oxygen consumption: (a) in continuous mode and (b) in interval mode with 400 m bouts and intervals of 50% of the time of each repetition. The descriptive statistics was performed according to the data distribution indicated by the Shapiro-Wilk test. A GEE was performed to compare the modes (continuous x interval) and stages (0% x 25% x 50% x 75% x post-test) with Bonferroni post-hoc.

**Results and Discussion:** The subjects ran a distance 2.4x greater on the interval protocol, implying in greater time to exhaustion and greater energy expenditure, allowing for greater training effects. From the metabolic and mechanic point of view the subjects had the same behavior over time and between the protocols, with increase in  $T_{ce}$  and  $T_{prop}$ , and a decrease in FS and  $K_{vert}$ . From the integrative point of view, the aerobic cost was significantly greater for the interval test (effect size 3.1;  $p < 0.001$ ). This increased aerobic cost seems to be related to the constant lactate production and metabolization and possible inefficiencies of the respective energetic exchanges.

**Conclusion:** In this study was possible to verify that both protocols had the same behavior over time, and the use of interval training does not interfere at the energy consumption minimization, allowing for a higher training stimulus. Moreover, interval training can assist to improve the anaerobic metabolism, once that it puts the body under a greater lactate production and metabolization demand.

**Keywords:** Training, energetic minimization, spring-mass, contact time, endurance.

# SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
1.1.	Apresentação da Dissertação .....	3
1.2.	O Problema e a Sua Importância .....	3
1.3.	Objetivos .....	4
2.	REVISÃO DE LITERATURA.....	6
2.1.	Treinamento de Corrida e Fadiga .....	6
2.2.	Aspectos Fisiológicos e Mecânicos.....	8
2.3.	Sistema Teórico da Massa-mola e suas Assimetrias.....	11
2.4.	Hipóteses .....	17
3.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
3.1.	Caracterização do Estudo .....	18
3.2.	População .....	18
3.3.	Amostra e Cálculo Amostral.....	18
3.4.	Recrutamento e Análise de Elegibilidade.....	19
3.5.	Critérios de Inclusão .....	19
3.6.	Critérios de Exclusão .....	19
3.7.	Benefícios Diretos ao Participante .....	20
3.8.	Aspectos Éticos.....	20
3.9.	Variáveis .....	21
3.10.	Delineamento Experimental .....	22
3.11.	Familiarizações .....	26
3.12.	Avaliadores .....	26
3.13.	Coleta de Dados .....	27
3.14.	Procedimentos de Análise de Dados .....	28
3.15.	Janelamento das Variáveis .....	31
3.16.	Análise Estatística.....	32

4.	RESULTADOS .....	34
5.	DISCUSSÃO.....	38
6.	CONCLUSÃO .....	43
7.	REFERÊNCIAS .....	44
8.	APÊNDICES .....	50
8.1.	TCLE .....	50
8.2.	Instrumento de Coleta de Dados – Questionário sobre hábitos esportivos	54
8.3.	Dados da Estatística Descritiva e Inferencial .....	55
8.4.	Cálculo Amostral .....	62

# 1. INTRODUÇÃO

A locomoção terrestre até hoje é um fator determinante nas atividades diárias e na qualidade de vida, e teve um papel fundamental na evolução humana. Uma evidência dessa importância é a presença de mecanismos minimizadores do consumo energético (SAIBENE; MINETTI, 2003). A corrida é uma forma de locomoção que influenciou a evolução da espécie, juntamente com a caminhada (LIEBERMAN; BRAMBLE, 2007).

Em teoria, a corrida humana se utiliza de um sistema de minimização energético similar ao trote dos animais quadrúpedes. Este modelo teórico da corrida (BLICKHAN, 1989; FISCHER; STORNILO; PEYRÉ-TARTARUGA, 2015; PEYRÉ-TARTARUGA; LOSS, 2008; ROSA; PEYRÉ-TARTARUGA, 2014) é denominado de massa-mola. Ele é composto de uma massa, a qual representa o centro de massa (CM) do indivíduo, que se localiza sobre uma mola, cuja massa é desprezada. Em todas as situações que envolvem saltos, assim como a corrida, esta mola se comprime, e há manutenção da energia no sistema através da transformação das energias mecânica cinética e potencial gravitacional em potencial elástica (FARLEY; GONZÁLEZ, 1996; MCMAHON; CHENG, 1990).

Diversos fatores são ligados ao funcionamento e a eficácia deste modelo teórico na prática da locomoção. Um dos principais fatores é a oscilação do CM, ligado à compressão da mola do modelo, que é avaliado através da rigidez vertical ( $K_{\text{vert}}$ ). Embora a rigidez do sistema possa ser analisada de acordo com o  $K_{\text{vert}}$ , na corrida, diferentemente dos saltos verticais, há uma limitação nesta variável pois assume-se que a perna permanece perpendicular ao solo, o que não é uma verdade. Durante a corrida há um ângulo de ataque e varredura variável conforme a velocidade, técnica e o comprimento da perna do corredor. Tendo em consideração o ângulo de ataque, a amplitude da deformação da mola aumenta, e, portanto, a rigidez da mola é menor do que o avaliado pelo  $K_{\text{vert}}$ . Esta variável mais compreensiva é denominada rigidez de perna ( $K_{\text{leg}}$ ) (MCMAHON; CHENG, 1990).

De um ponto de vista da arquitetura muscular, as estruturas que atuam como mola durante o ciclo de passada são em maior parte os tendões,

realizando trabalho passivo de alongamento e encurtamento, e em menor parte relativo ao trabalho mecânico dos fascículos (RABITA et al., 2013). Entretanto, este alongamento e encurtamento é assimétrico, o que confere uma dispersão do modelo teoricamente ideal. Estas assimetrias podem ser verificadas nos tempos de contato/aéreo e nos tempos de frenagem/propulsão (CAVAGNA, 2009). A otimização do ciclo de alongamento e encurtamento das unidades músculo-tendão aumenta a eficácia do sistema de minimização energética, e conseqüentemente a eficiência mecânica (Eff) do movimento, tanto pela quantidade de energia mecânica passiva muscular reutilizada durante a sequência de contrações excêntrica e concêntrica, quanto energia mecânica reutilizada do alongamento de tendões que atuam de forma passiva sem gasto energético (KANEKO, 1990; WOLEDGE, 1985).

Quando se pretende estudar o efeito da fadiga sobre parâmetros mecânicos e fisiológicos, comumente se busca realizar protocolos de desempenho, similares a provas de corrida, com uma distância fixa e esforço máximo. Outra alternativa é a realização de teste de tempo limite ( $T_{lim}$ ) ou tempo de exaustão, em que a velocidade é fixa e o exercício é realizado até a exaustão do indivíduo (HAYES; CAPLAN, 2014; HOBARA et al., 2010).

Embora testes de desempenho e de tempo limite tenham uma validade ecológica grande quando comparados a provas, raramente estes testes espelham as sessões de treinamento, que normalmente não costumam atingir a exaustão completa do indivíduo, além de normalmente se utilizar um método de treinamento intervalado (CURRELL; JEUKENDRUP, 2008; LAURSEN et al., 2007). Além disso, os treinamentos de alta intensidade são realizados em velocidades próximas à velocidade associada ao consumo máximo de oxigênio ( $\dot{V}VO_{2m\acute{a}x}$ ) (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013).

Tendo isso em mente, é necessário investigar e comparar os efeitos de testes contínuos e intervalados em  $\dot{V}VO_{2m\acute{a}x}$  na mecânica de corrida. Em especial, investigar o comportamento dos mecanismos de minimização energética e como as suas assimetrias se comportam podem trazer conhecimentos significativos para o conhecimento do treinamento.

## **1.1. Apresentação da Dissertação**

Essa dissertação é apresentada no formato clássico, com revisão de literatura, métodos, resultados e discussão unificados, de forma a abarcar todos os dados obtidos e necessário para elucidar uma questão de pesquisa.

Esta dissertação integra a linha de pesquisa Atividade Física e Performance do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da UFRGS e da linha de pesquisa Mecanismo elástico da corrida terrestre (<http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/1110671514763311>). Especialmente a linha de mecanismo elástico da corrida terrestre tem como objetivo compreender os determinantes mecânicos da corrida de desempenho, especialmente relacionados à função de unidades músculo-tendão de modo integrativo. O projeto é coordenado pelo Prof. Dr. Leonardo Alexandre Peyré Tartaruga e há colaboração com pesquisadores nacionais e internacionais.

A motivação e curiosidade para iniciar este projeto surgiu a partir do final da minha graduação, associado ao meu trabalho com corredores amadores. Muito do que é utilizado na prática, como os treinamentos intervalados são aderidos de forma unânime, e apresentam resultados realmente satisfatórios do ponto de vista fisiológico e de desempenho. Entretanto, há fatores na mecânica da corrida que não são bem conhecidos nessas situações, e compreender melhor esses comportamentos é fundamental para enriquecer a ciência e o treinamento esportivo.

## **1.2. O Problema e a Sua Importância**

Os mecanismos de produção e gerenciamento energético através de aspectos fisiológicos são estudados a um grande tempo (DI PRAMPERO et al., 1986). Entretanto, a fisiologia explica apenas uma das faces do treinamento. Do ponto de vista mecânico, e principalmente os aspectos integrativos como mecanismos de minimização de energia, não há respostas bem definitivas que expliquem seu comportamento juntamente com vantagens e desvantagens de se utilizar o método intervalado de treinamento.

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo Geral

Analisar as respostas metabólicas, mecânicas e integrativas durante a corrida contínua e intervalada até a exaustão em velocidade associada ao consumo máximo de oxigênio.

### 1.3.2. Objetivos Específicos

Comparar entre exercício contínuo e intervalado em velocidade associada ao consumo máximo de oxigênio, os seguintes desfechos metabólicos, mecânicos, do modelo massa-mola e fisiomecânicos da corrida na em corredores recreacionais:

- Metabólicas:
  - Consumo de Oxigênio ( $V_{O_2}$ );
  - Energia Total ( $E_{tot}$ );
  - Energia Anaeróbia ( $E_{ana}$ );
  - Energia Aeróbia ( $E_{aer}$ );
  - Tempo de Exaustão ( $T_{lim}$ );
  - Distância de Exaustão ( $D_{lim}$ );
  - Lactato ( $[La^-]_s$ ).
- Mecânicas:
  - Comprimento de passada (CP);
  - Frequência de Passo (FP).
- Modelo massa-mola:
  - Rigidez vertical ( $K_{vert}$ );
  - Rigidez da perna ( $K_{leg}$ );
  - Frequência do Sistema (FS);
  - Tempo de Contato ( $T_c$ );
  - Tempo de Contato Efetivo ( $T_{ce}$ );
  - Tempo Aéreo ( $T_a$ );
  - Tempo Aéreo Efetivo ( $T_{ae}$ );
  - Tempo de Propulsão ( $T_{prop}$ );
  - Tempo de Frenagem ( $T_{fren}$ ).

- Fisiomecânicas:
  - Custo de Transporte Total ( $C_{tot}$ ).
  - Custo Aeróbio ( $C_{aer}$ );
  - Custo Anaeróbio ( $C_{ana}$ ).

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Treinamento de Corrida e Fadiga

O treinamento físico aeróbio tem uma longa tradição na forma de como são realizadas as sessões de exercício. Na corrida há uma busca constante de melhora de fatores como  $V_{O_2\_máx}$  e limiares metabólicos, normalmente alcançados por meio de treinamentos de alta intensidade (LAURSEN; JENKINS, 2002). Além disso, é importante a economia de corrida (ECO) que parece ser um determinante mais forte de desempenho em atletas de nível parecido de  $V_{O_2máx}$  (CONLEY; KRAHENBUHL, 1980; SAUNDERS et al., 2004).

A literatura sobre o treinamento da corrida normalmente aconselha que as sessões tenham intensidade próxima à  $\dot{V}VO_{2máx}$ , de forma a exigir que o metabolismo aeróbio funcione com a maior potência possível e por um grande período de tempo. Esta estratégia é capaz de provocar adaptações benéficas ao desempenho como aumento das reservas de substrato energético e maior ativação de mitocôndrias (BILLAT, 2001). Atualmente estudos demonstram, que ao menos em indivíduos moderadamente treinados, é realmente necessário alta intensidade para que se encontre efeitos grandes o suficiente para impactar o desempenho (HELGERUD et al., 2007; LAURSEN; JENKINS, 2002). Aliado a isso, se o objetivo for o aumento do  $V_{O_2}$  propriamente dito, é interessante que a intensidade seja igual ou ligeiramente maior que a necessária para atingir o  $V_{O_2\_máx}$  (DENADAI et al., 2006), para que desta forma o metabolismo seja exigido a ponto de provocar adaptações benéficas ao desempenho esportivo.

Dentre os fatores importantes para a realização das sessões de treinamento, também se deve considerar a densidade dos estímulos, o que representa a relação entre o tempo de estímulo propriamente dito e o intervalo entre os mesmos. Normalmente é interessante utilizar intervalos que não tenham uma duração maior que o estímulo, pois durante o intervalo o  $V_{O_2}$  poderia retornar a valores próximos aos de repouso. Além disso, quanto mais frequentes forem os intervalos, menor é o nível de esforço percebido pelos atletas, tornando possível para que eles suportem um intervalo menor, ou suportem uma intensidade maior para um mesmo intervalo de tempo. Portanto, ao realizar uma

sessão contínua ou intervalada, a percepção de esforço, e conseqüentemente a intensidade, foram diferentes, mesmo que os estímulos sejam realizados na mesma velocidade, prolongando assim o tempo até a exaustão em uma dada zona de treinamento (LAURSEN; JENKINS, 2002). De qualquer forma, o treinamento intervalado, seja ele realizado com pequenos ou grandes intervalos, parece ser uma estratégia interessante para a aderência ao treinamento em sedentários (BARTLETT et al., 2011) e em atletas com altos volumes de treinamento dada a relativa monotonia do treinamento.

Entretanto, há diversas outras formas de treinamento não específicas que podem resultar em ganhos no desempenho de corrida. As evidências de que exercícios pliométricos melhoram o desempenho tem se destacado, sendo que provavelmente as melhoras são causadas por adaptações nas unidades músculo-tendão, que por sua vez melhoram a utilização de energia elástica (FLUECK; EILERS, 2010; SPURRS; MURPHY; WATSFORD, 2003). Além disso, o próprio treinamento de força convencional pode trazer melhoras de ativação muscular, melhorando o desempenho (FLUECK; EILERS, 2010; JONES; BAMPOURAS, 2007). Estes tipos de treinamento complementar acabam por melhorar a ECO, que parece ser justamente o fator que diferencia atletas de níveis similares de  $V_{O_2_{máx}}$ .

O treinamento em geral tem como objetivo retardar e reduzir o aparecimento da fadiga no atleta. Entretanto, o próprio conceito de fadiga não é um consenso entre os estudiosos da área (MARCORA, 2008; MARCORA; STAIANO; MANNING, 2009; NOAKES, 2000, 2011; SMIRMAUL et al., 2013), uma vez que fatores puramente fisiológicos não parecem explicar totalmente os limites do exercício (MARCORA; STAIANO; MANNING, 2009; NOAKES, 2012). Portanto, estímulos verbais, sonoros e visuais além de treinamentos mentais podem impactar positivamente em testes como o de tempo de exaustão ( $T_{lim}$ ), o que contribuem para uma visão psicobiológica da fadiga. Através deste prisma podemos supor que o treinamento de alta intensidade poderia melhorar o desempenho não apenas por vias fisiológicas, mas também através de maior tolerância mental ao exercício extenuante e crença do atleta em ser capaz de realizar um nível maior de esforço físico.

## 2.2. Aspectos Fisiológicos e Mecânicos

O  $V_{O_2\text{máx}}$  é a capacidade máxima de integração do organismo de captar, transportar e utilizar o oxigênio para a oxidação de substratos energéticos, durante os processos biológicos. Este parâmetro é importante por representar uma potência metabólica máxima do sujeito, e justamente por isso é um dos fatores decisivos no desempenho de atividades predominantemente aeróbias (DENADAI et al., 2004). Entretanto, este é um parâmetro limitado visto que é determinado principalmente por fatores genéticos, apresentando treinabilidade relativamente baixa a longo prazo.

Por outro lado, a  $\tilde{v}_{VO_2\text{máx}}$  (velocidade associada ao  $V_{O_2\text{máx}}$ ) supre algumas das limitações do  $V_{O_2\text{máx}}$ . Por se tratar de uma velocidade, nesta medida torna-se implícito o gasto energético necessário para percorrer uma dada distância. Dessa forma, atletas com menor gasto energético em dadas velocidades tendem a atingir maiores valores de  $\tilde{v}_{VO_2\text{máx}}$  com valores similares de consumo máximo. Além disso, medidas como o  $T_{lim}$  mostram a capacidade de um atleta sustentar a  $\tilde{v}_{VO_2\text{máx}}$ , integrando todo o mecanismo energético necessário para o desempenho esportivo (BILLAT, 1996; DEMARIE; KORALSZTEIN; BILLAT, 2000).

O tempo que o corredor suporta intensidades altas como a  $\tilde{v}_{VO_2\text{máx}}$  está intimamente associado ao metabolismo do lactato ( $[La^-]_s$ ). O estudo do  $[La^-]_s$  e sua importância tem uma história extensa na fisiologia humana (BROOKS, 1986), porém muitos conceitos vem sendo debatidos e reformulados recentemente (FERGUSON et al., 2018; GLADDEN, 2004). Um fator importante é a demanda energética em que começa um aumento expressivo do  $[La^-]_s$ , conhecimento como limiar de lactato. Quanto maior for a potência metabólica neste ponto, maior será a  $\tilde{v}_{VO_2\text{máx}}$ , assim como melhor será o desempenho do atleta (FERGUSON et al., 2018). Isso se dá, pois o acúmulo do  $[La^-]_s$  sinaliza também um aumento de acidose metabólica, sendo um dos fatores fortemente associados à fadiga, e para continuar o exercício é necessário um grande tamponamento desta acidose, a qual não pode ser sustentada por muito tempo, mesmo em atletas altamente treinados.

Em exercício, o  $[La^-]$  serve como uma válvula de escape para o acúmulo de piruvato no músculo, uma vez que a glicólise gera mais piruvato do que o ciclo de Krebs poderia suportar. Entretanto, outra possível contribuição do  $[La^-]_s$  é como fonte de energia para o músculo cardíaco e no fígado, embora essa contribuição seja pequena em relação à demanda energética do exercício.

O metabolismo oxidativo é a principal fonte de energia do nosso metabolismo, porém o  $[La^-]_s$  e o metabolismo anaeróbio também são importantes, principalmente em exercícios extenuantes (GLADDEN, 2004). É de grande importância mensurar a contribuição relativa dos sistemas aeróbio e anaeróbio, uma vez que desta forma pode-se ter maior conhecimento de como o metabolismo está lidando com a demanda energética do exercício. Uma vez que se sabe a quantidade de energia originada pelo sistema aeróbio ( $E_{aer}$ ) e anaeróbio ( $E_{ana}$ ) podemos mensurar mais especificamente os efeitos de uma sessão de treinamento.

Aliado a este ponto de vista, o custo energético, ou seja, energia necessária para executar uma determinada tarefa, é igualmente importante visto que alia o gasto energético com a eficácia do gesto motor. No exercício esses componentes são denominados custo aeróbio ( $C_{aer}$ ) e custo anaeróbio ( $C_{ana}$ ). Di Prampero et al. (1993), sugeriram uma forma de calcular o  $C_{aer}$  e  $C_{ana}$  através do consumo de oxigênio, variações de lactacidemia, tempo de exercício e quociente de trocas respiratórias. O citado estudo possibilitou mensurar o  $C_{aer}$  e  $C_{ana}$  de forma confiável e prática no meio científico, de forma a tornar possível estudos que avaliassem de forma mais precisa a relação entre a demanda energética e o exercício proposto.

Além disso, a análise do  $C_{aer}$  e  $C_{ana}$  possibilita análises sobre os efeitos do treinamento. O treinamento de força, ou de pliometria, é capaz de melhorar os valores de custo (BARNES; KILDING, 2015a; SPURRS; MURPHY; WATSFORD, 2003). Isso se dá, pois, a ativação muscular passa a ser melhorada, assim como o mecanismo elástico fica melhorado. Essa melhor ativação muscular possibilita que menos fibras musculares sejam ativadas a cada passo. Dessa forma, o gasto energético é reduzido, o que por sua vez diminui o custo de transporte durante o exercício.

Estudos que visam integrar a fisiologia e a biomecânica muitas vezes utilizam a demanda energética total para calcular a eficiência mecânica (Eff). A Eff é a razão entre a energia mecânica gerada (trabalho mecânico ( $W_{mec}$ )) e a energia dispendida (trabalho metabólico ( $W_{met}$ )) e portanto, representa a eficácia do corpo em transformar um tipo de energia no outro (HEGLUND; CAVAGNA, 1985).

A Eff tem alguns comportamentos e limites bem definidos. Sabe-se que em contrações totalmente concêntricas a Eff máxima é de 25% visto que o resto do  $W_{met}$  é convertido em outros tipos de energia, com destaque para a energia térmica. A partir deste ponto de vista, as contrações concêntricas não são necessariamente pouco eficientes, pois são capazes de gerar grande energia térmica, o que é importante para a sobrevivência. Entretanto, quando o propósito é gerar movimento, a eficiência é relativamente baixa.

Em contrações excêntricas é possível alcançar a Eff de 125% uma vez que mesmo com a produção de energia térmica pela contração muscular, o reaproveitamento da energia absorvida do meio externo faz com que seja possível atingir valores altos de  $W_{mec}$  sem grande  $W_{met}$  (CAVAGNA; KANEKO, 1977; KANEKO, 1990). Portanto, a Eff é altamente influenciada pelo armazenamento de energia elástica pelas unidades músculo-tendão, e valores de Eff superiores a 25% durante a corrida demonstra que há a presença de trabalho elástico, evidenciando um mecanismo de minimização energética (CAVAGNA et al., 1977).

A presença do trabalho elástico resulta, entre outros fatores, em um valor constante de custo de transporte ( $C_{tot}$ ), independente da velocidade (BARNES; KILDING, 2015b). O  $C_{tot}$  representa a energia necessária para deslocar uma determinada massa por uma determinada distância sendo, portanto, uma medida de custo energético ligado a tarefa que está sendo realizada. Este custo é bastante relacionado ao desempenho de corrida, sendo o maior preditor de desempenho em atletas de nível semelhante de  $V_{O2\_máx}$  (BARNES; KILDING, 2015b; WILLIAMS; CAVANAGH, 1987). Há autores que defendem que este  $C_{tot}$  tenha um valor mínimo em uma dada velocidade, normalmente próxima à velocidade de prova de cada atleta. Entretanto esse custo mínimo na corrida ainda é bastante discutido e controverso na literatura (CARRARD; FONTANA;

MALATESTA, 2018; SAIBENE; MINETTI, 2003). Outro ponto importante a ser investigado é a contribuição energética que compõe o  $C_{tot}$ . Essa energia pode ser originada por via aeróbia ( $E_{aer}$ ) ou ainda por via anaeróbica ( $E_{ana}$ ), constituindo assim custo aeróbio ( $C_{aer}$ ) e custo anaeróbico ( $C_{ana}$ ). A associação dessas rota é pouco investigada na literatura, entretanto são importantes de se conhecer uma vez que a forma de exercício pode contar com um custo com predominância aeróbia ou anaeróbica, e conhecer esses dados poderia esclarecer as demandas e o treinamento necessário para os atletas.

Outro fator importante na mecânica da corrida é o tempo de contato com o pé no solo ( $T_c$ ). Esta é uma variável que não necessita de equipamentos altamente sofisticados para ser avaliada, e que representa a reatividade do indivíduo ao correr, uma vez que um  $T_c$  menor mostra um maior uso de componentes elásticos, sugerindo um menor  $C_{tot}$  para o corredor (MICHELE; MERNI, 2013; SANTOS-CONCEJERO et al., 2013). Estudos observaram que com a fadiga há um aumento do  $T_c$ , aumentando conseqüentemente o  $C_{tot}$ , visto que muitas vezes com a fadiga há uma tentativa de compensação da diminuição da velocidade através do aumento da FP (GIOVANELLI; TABOGA; LAZZER, 2017; GIRARD et al., 2016).

### **2.3. Sistema Teórico da Massa-mola e suas Assimetrias**

A  $Eff$  na corrida está relacionada com o mecanismo elástico de transformação de energia advindo do ciclo alongamento encurtamento das unidades músculo-tendão. Este mecanismo pode ser verificado através de um modelo físico matemático denominado massa-mola (BLICKHAN, 1989; HEGLUND; CAVAGNA, 1985; MCMAHON; CHENG, 1990). A partir desta teoria, a eficiência da corrida passa a ser dependente da energia elástica transferida através das unidades músculo-tendão.

Durante a corrida humana (ou o trote de animais quadrúpedes) a energia cinética (horizontal e vertical), assim como a energia potencial estão em sincronismo. Isto significa que durante o contato com o pé no solo, as energias cinética e potencial alcançam concomitantemente o valor mínimo, e durante o voo alcançam o valor máximo. Frear e acelerar o corpo como um todo a cada

passo necessita de uma grande transferência ou geração de energia. Sabe-se que as unidades músculo-tendíneas armazenam boa parte da energia cinética e potencial em forma de energia elástica, diminuindo em grande parte a dissipação de energia (Figura 1). Este comportamento de um corpo alternando energia cinética e potencial em energia elástica e vice-versa, é semelhante a uma massa-mola (SAIBENE; MINETTI, 2003). Justamente por estas semelhanças o modelo de minimização energética da corrida é normalmente comparado a um sistema teórico de massa-mola, reduzindo a massa do corpo a um ponto único (CM, ou a massa do modelo) e uma mola de massa desprezível (a perna do indivíduo).

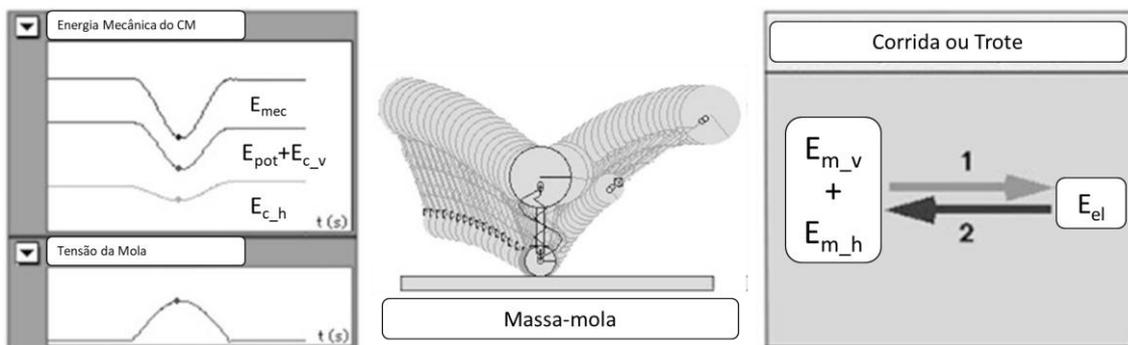


Figura 1. Energias e modelo teórico de massa-mola. CM – Centro de massa;  $E_{mec}$  – Energia mecânica;  $E_{pot}$  – Energia potencial;  $E_{c_v}$  – Energia cinética vertical;  $E_{c_h}$  – Energia cinética horizontal;  $E_{m_v}$  – Energia mecânica vertical;  $E_{m_h}$  – Energia mecânica horizontal;  $E_e$  – Energia elástica. Adaptado de Saibene e Minetti (2003).

Este modelo teórico é especialmente robusto para o estudo de saltos. Dentre os parâmetros mais fundamentais descritos pelo modelo massa-mola, está a rigidez vertical do sistema ( $K_{vert}$ ). O  $K_{vert}$  é a razão entre a força máxima ( $F_{máx}$ ) e o deslocamento descendente máximo vertical do CM conforme esse alcança seu ponto mais baixo, isto é, no meio da fase de apoio. Sendo assim, o  $K_{vert}$  é razão entre a força máxima e a máxima “compressão” da perna (FARLEY; GONZÁLEZ, 1996). Esta variável explica muito bem o mecanismo dos saltos, em que a força acontece verticalmente. No entanto, durante a corrida há um ângulo de ataque diferente de  $90^\circ$ , além de uma varredura da perna durante o contato com o solo, aumentando assim a compressão da perna e conseqüentemente diminuindo a rigidez do sistema. A esta análise mais compreensiva da rigidez do sistema é dado o nome de rigidez de perna ( $K_{leg}$ ) (MCMAHON; CHENG, 1990).

Na literatura, são descritos diferentes métodos para mensurar a  $K_{leg}$  com base em parâmetros cinéticos e cinemáticos. Blum et al. (2009), ao comparar cinco métodos de estimativa de  $K_{leg}$ , sendo quatro deles baseados em parâmetros nas forças de reação do solo (FoRS) e um baseado em parâmetros espaço temporais, verificou que o método mais indicado e de mais simples aplicação foi baseado nos parâmetros espaço temporais. Em outro estudo, Morin et al. (2005) por meio de um método que utiliza de parâmetros mecânicos como: velocidade horizontal, comprimento da perna, tempo de voo, tempo de contato e massa corporal para estimativa de  $K_{leg}$  e  $K_{vert}$ , obtiveram valores de rigidez que variaram de 0,67% a 6,93% abaixo dos valores do método que utilizou a FoRS para calcular os parâmetros de rigidez, sendo considerados aceitáveis para utilização. Sendo assim, estas variáveis de rigidez podem ser amplamente avaliadas sem a necessidade de equipamentos sofisticados.

Diversos estudos mostram que a fadiga é capaz de alterar os valores de rigidez em atletas, embora não haja consistência entre os achados. Em um estudo em que os sujeitos correram a maior distância possível durante uma hora, não foram encontradas diferenças na rigidez (HUNTER; SMITH, 2007). Em um protocolo de tempo de exaustão ( $T_{lim}$ ) em 80%  $\dot{V}_{VO2máx}$  foi encontrada diminuição significativa no  $K_{leg}$  e no  $K_{vert}$  (DUTTO; SMITH, 2002). Porém, em triatletas que correram até a exaustão a 95% da  $\dot{V}_{VO2máx}$  o  $K_{vert}$  se manteve estável enquanto o  $K_{leg}$  reduziu (RABITA et al., 2011). Contrapondo estes achados, estudos com intensidade máxima em 5 km, 800 m e múltiplos estímulos de 40 m foram encontradas diminuições no  $K_{vert}$  sem diferenças significativas no  $K_{leg}$  (GIRARD; MILLET; MICALLEF, 2017; GIRARD et al., 2013; GIRARD; MICALLEF; MILLET, 2011). Resultado similar foi encontrado em um estudo envolvendo ultramaratonistas, porém esta diminuição do  $K_{vert}$  somente foi encontrada após 4 h 30 min de prova (GIOVANELLI; TABOGA; LAZZER, 2017). Por fim, em um estudo utilizando o protocolo de Bosco para fadigar os sujeitos, foi verificado aumento da rigidez em velocidades preferida, abaixo e acima da mesma. Sendo assim, a fadiga parece interferir na rigidez do sistema, em que velocidades próximas ou acima da  $\dot{V}_{VO2máx}$  parecem interferir no  $K_{vert}$ , e abaixo da  $\dot{V}_{VO2máx}$  tendem a diminuir o  $K_{leg}$ , podendo a rigidez até ser aumentada se o protocolo de fadiga não for específico à corrida. Porém estudos são necessários para saber

se a velocidade ou a distância percorrida é o determinante nestes resultados, assim como verificar o impacto de intervalos durante a sessão de treinamento.

Já quanto às assimetrias do modelo, apenas um estudo encontrado verificou a interferência da fadiga (FISCHER; STORNILO; PEYRÉ-TARTARUGA, 2015). Estas assimetrias compreendem o comportamento fora do esperado teoricamente para o tempo de contato convencional ( $T_c$ ) e efetivo ( $T_{ce}$ ), tempo aéreo convencional ( $T_a$ ) e efetivo ( $T_{ae}$ ) e os tempos de propulsão ( $T_{prop}$ ) e frenagem ( $T_{fren}$ ). O estudo quanto às assimetrias são de grande importância, pois indicam a discrepância entre o modelo teórico e o que está efetivamente sendo realizado durante a corrida. Cavagna (2009) apontam duas assimetrias a serem consideradas:  $T_{ce}/T_{ae}$  e  $T_{prop}/T_{fren}$ .

Em um sistema teórico, a fase baixa do sistema (compressão) representado pelo contato com o solo teria a mesma duração da fase alta do sistema (estiramento). Entretanto, o sistema não está fixo ao solo, e acaba por gerar uma fase aérea, que não é compreendida pelo sistema teórico, e a rigidez da mola não determina a aceleração negativa do corpo, mas sim a gravidade. Esta diferença é ainda maior quando se considera o  $T_{ce}$  e  $T_{ae}$  em detrimento dos parâmetros convencionais, sendo que o primeiro é caracterização por uma força no solo maior/menor que a força peso, enquanto o segundo é caracterizado pelo contato/despregue do pé no solo. Cavagna (2009) verificou que há um aumento na diferença entre o tempo de contato efetivo ( $T_{ce}$ ) e aéreo efetivo ( $T_{ae}$ ) com o incremento da velocidade (Figura 2).

Quanto a outra assimetria, teoricamente o  $T_{fren}$  (trabalho externo negativo) e  $T_{fren}$  (trabalho externo positivo) deveriam ter a mesma duração, visto que a mola teria uma rigidez constante durante a compressão e descompressão. A duração do  $T_{fren}$  é determinado pelo período do contato inicial até o período em que a FoRS vertical é máxima (zero ao máximo) e a duração do  $T_{prop}$  é determinado pelo período onde a força vertical é máxima até o despregue (máximo ao zero) (CAVAGNA, 2006, 2009). Entretanto, durante a corrida o  $T_{prop}$  tem uma duração ligeiramente maior que o  $T_{fren}$ , visto que os tendões absorvem energia de forma mais eficaz via estiramento tendíneo e contração excêntrica do que conseguem liberar via encurtamento tendíneo e contração concêntrica. O  $T_{prop}$  e o  $T_{fren}$  diminuem e tendem a se aproximar com o aumento da velocidade

de corrida, o que sugere comportamento de mola mais próximo do perfeito e explica parcialmente o custo de transporte na corrida se manter inalterado em altas velocidades quando se despreza o arrasto gerado pelo ar (Figura 2).

Contraopondo a relação entre  $T_{prop}$  e  $T_{fren}$ , que diminuem com o aumento da velocidade e se aproximam, com o aumento da velocidade o  $T_{ae}$  se mantém relativamente constante, enquanto o  $T_{ce}$  diminui. Esse comportamento indica que quanto maior a força durante a fase de trabalho negativo, menor a diferença entre tempo de alongamento e encurtamento das unidades músculo tendão (Figura 2), diminuindo a assimetria  $T_{prop}/T_{fren}$  e aumentando a assimetria contato-despregue.

Outro fator importante é que com a diminuição do  $T_{ce}$ , conseqüentemente o  $T_{prop}$  e  $T_{fren}$  (sendo estas frações do  $T_{ce}$ ) também diminuem. Deste modo, o trabalho exercido acontece em um intervalo de tempo menor, gerando assim potências mecânicas e forças de maior magnitude no membro inferior, o que aumenta ainda mais a possibilidade de utilização dos tendões para armazenamento de energia elástica e o desempenho na corrida (SANTOS-CONCEJERO et al., 2013).

Estas duas assimetrias se relacionam com o desvio do modelo teórico, e estão ligadas a estratégia de motora dos corredores e dissipação de energia pelo indivíduo ao realizar a corrida. Em um estudo recente, Da Rosa et al. (2019) verificaram que o  $T_{ce}$  é menor e  $T_{ae}$  é maior em indivíduos de melhor desempenho em comparação com indivíduos de pior desempenho, sem diferenças para  $T_{fren}$  e  $T_{prop}$ . Entretanto, estudos aliando a fadiga com mudanças das assimetrias não foram encontrados na literatura, e é um tópico importante de ser estudado para melhor entender a corrida.

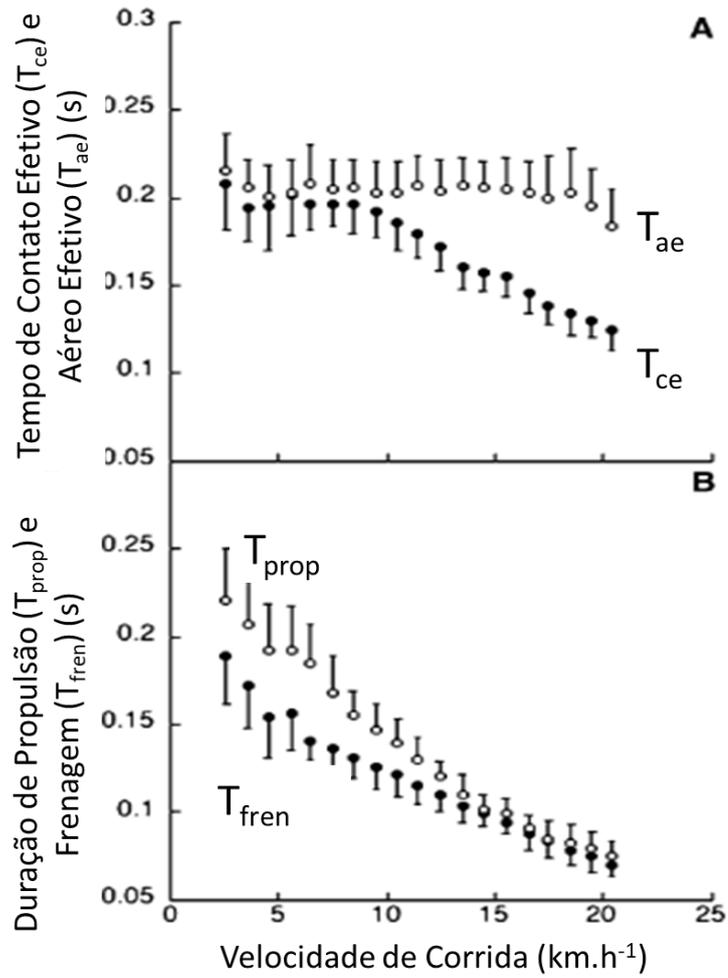


Figura 2. Comportamento da duração do T<sub>prop</sub>, T<sub>fren</sub>, T<sub>ce</sub> e T<sub>ae</sub> com o aumento da velocidade. Adaptado de Cavagna (2009).

## 2.4. Hipóteses

Tendo em vista o estado da arte atual da literatura sobre o tema a ser pesquisado, foram formuladas as seguintes hipóteses:

- 1) Os parâmetros do modelo massa-mola se tornarão mais assimétricos com o progresso dos testes (HAYES; CAPLAN, 2014), com menor efeito no modo intervalado;
- 2) As variáveis metabólicas indicarão um maior gasto energético durante o teste intervalado associado à maior distância de teste (VALSTAD et al., 2018);
- 3) A FS aumentará com a fadiga, concomitante a uma diminuição do CP, sendo que o protocolo intervalado terá essas alterações atenuadas (DUTTO; SMITH, 2002; FISCHER; STORNILO; PEYRÉ-TARTARUGA, 2015);
- 4) Quanto as variáveis fisiomecânicas, não haverá diferença entre os protocolos (RABITA et al., 2011).

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1. Caracterização do Estudo**

Este estudo caracteriza-se como um estudo experimental, com observação transversal, procurando verificar as diferenças de comportamentos mecânicos e metabólicos durante protocolo contínuo e intervalado em população jovem competitiva de nível estadual e nacional. Sendo o principal objetivo entender as alterações dos parâmetros massa-mola sendo, portanto, as variáveis  $K_{vert}$  e  $K_{leg}$  as principais do presente estudo.

#### **3.2. População**

A população de interesse é constituída por corredores amadores de nível regional. Sendo assim, a amostra do presente estudo foi formada por indivíduos de 20 a 50 anos, do sexo masculino, com treinamento contínuo pelos últimos 12 meses no mínimo, que vivam na cidade de Porto Alegre - RS e cidades vizinhas.

#### **3.3. Amostra e Cálculo Amostral**

A amostra foi não-probabilística voluntária e foi constituída por um número de homens determinado através de cálculo amostral, baseado no estudo de Hayes e Caplan (2014), que utilizou amostra e protocolos semelhantes ao presente estudo. As variáveis utilizadas no cálculo foram o  $K_{leg}$  e o  $K_{vert}$  visto que estas são as variáveis principais do estudo.

O cálculo foi realizado através do programa GPOWER versão 3.1.9.2 para Windows, sendo adotada análise de variância intra e entre fatores, com nível de significância de 0,05, poder de 95%. Portanto seriam necessários 20 indivíduos ao todo. Considerando que os indivíduos participarão de ambos os grupos, foram necessários 10 indivíduos em cada grupo. Como forma de administrar uma possível perda amostral, sem causar prejuízo ao poder estatístico dos resultados, foram incluídos um número de participantes aproximadamente 20% maior do que o determinado pelo cálculo da amostra. Considerando todos esses fatores, o cálculo amostral, realizado indicou a necessidade de recrutar 12 participantes (Apêndices, seção 8.5.).

### **3.4. Recrutamento e Análise de Elegibilidade**

Inicialmente foi realizada divulgação do projeto em diferentes veículos de comunicação eletrônica como redes sociais, além de expostos cartazes em locais de grande circulação, assim como provas de corrida. Para aqueles que entraram em contato, houve uma análise primária para se determinar a inclusão ou não do voluntário. Nesta análise o voluntário respondeu qual o seu histórico de treinamento, se teve alguma lesão musculoesquelética, bem como se tem disponibilidade de participar do estudo. Com a intenção de se evitar que o voluntário se desloque até o local da pesquisa, ainda sem ter conhecimento da sua inclusão ou não no estudo, esta avaliação inicial foi realizada via questionário eletrônico. Se preenchido todos os critérios de inclusão, o sujeito deveria comparecer à ESEFID-UFRGS para receber esclarecimentos do experimento, preenchimento do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE, Apêndices, seção 8.1.), sendo então considerado incluído no estudo e então foram iniciados os procedimentos de familiarização às avaliações.

### **3.5. Critérios de Inclusão**

Foram incluídos no estudo os voluntários que atenderam os seguintes critérios: a) ter idade entre 20 e 50 anos; b) ausência de doenças musculoesqueléticas, neuromusculares e cardiovasculares (exceto hipertensão arterial controlada por medicamento); c) ter disponibilidade para participar dos três dias de avaliação; d) Ter realizado na última temporada prova de 5 km em tempo entre 16 e 19 minutos.

O voluntário foi considerado participante do estudo se atendeu a todos os critérios de inclusão e após ser informado e aceitar os procedimentos metodológicos tratados no TCLE.

### **3.6. Critérios de Exclusão**

Após serem incluídos no estudo, apenas foi excluído um sujeito por adquirir uma lesão muscular antes de terminar todos os protocolos propostos.

### **3.7. Benefícios Diretos ao Participante**

Entre os benefícios diretos, os sujeitos tiveram acesso a todos os resultados dos seus testes, sendo que estes dados possibilitam a melhora da precisão no treinamento de cada um dos sujeitos. De forma indireta, os testes podem melhorar o entendimento da mecânica da corrida, e conseqüentemente, poderão auxiliar nos treinamentos dos participantes do presente estudo. Espera-se que o esclarecimento dos comportamentos mecânicos e metabólicos afete positivamente a prática esportiva dos participantes.

### **3.8. Aspectos Éticos**

#### **3.8.1. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndices, seção 8.1.)**

O presente projeto de pesquisa contempla a resolução 466/12 do conselho nacional de saúde, ministério da saúde, que estabelece as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. O projeto juntamente com o respectivo TCLE foi previamente submetido a análise pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CEP-UFRGS) e aprovado sob o número 01757218.9.0000.5347.

O TCLE foi lido e explicado a todos os participantes, o qual deixa claro os objetivos do estudo e demais esclarecimentos com relação a possíveis questionamentos. Por meio do TCLE, o colaborador autorizou a participação voluntária na pesquisa, assegurando os seguintes direitos:

- a) no decorrer da pesquisa serão assegurados e respeitados os valores culturais, sociais, religiosos e éticos, bem como seus hábitos e costumes;
- b) liberdade de participar ou não da pesquisa, tendo assegurado essa liberdade sem quaisquer represálias atuais ou futuras, podendo retirar o consentimento em qualquer etapa do estudo sem nenhum tipo de penalização ou prejuízo;
- c) segurança de que não foi identificado e que se manterá o caráter confidencial das informações relacionadas com a privacidade, a proteção da imagem e a não-estigmatização;
- d) da liberdade de acesso aos dados do estudo em qualquer etapa da pesquisa;

e) da segurança de acesso aos resultados da pesquisa.

### 3.8.2. Riscos aos Participantes

Os protocolos necessários para a realização deste estudo apresentaram riscos semelhantes ao treinamento de alta intensidade habitual entre a população que foi pesquisada. Entre estes riscos destacam-se a possibilidade de quedas durante o exercício e a possibilidade de dores musculares tardias pós exercício.

### 3.8.3. Medidas para Minimizar os Riscos

Para todas as avaliações os riscos foram minimizados através de aconselhamento de uso de calçado apropriado, roupa confortável e ambiente adequado para realização da avaliação (iluminação, piso plano e aderente) além de acompanhamento de um profissional de Educação Física. A avaliação e intervenção foi realizada em ambiente seguro e quaisquer eventos adversos terão suporte necessário da equipe científica, além de contar com médico nas dependências da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (ESEFID – UFRGS), local onde foi realizado todas as avaliações do presente estudo. Em caso de eventos adversos leves, os testes foram adiados de forma a preservar o sujeito, e o mesmo foi orientado para que se recupere da melhor forma possível, e possa em data futura retomar os testes.

### 3.8.4. Critérios para Interrupção do Estudo

O estudo poderá ser interrompido à medida que se observar que os participantes estão sendo expostos a riscos a sua saúde, de forma que os riscos sejam maiores que os possíveis benefícios.

## 3.9. Variáveis

### 3.9.1. Independentes

Foram as variáveis independentes do presente estudo os dois modos de exercício propostos:

- Contínuo;

- Intervalado.

### 3.9.2. Dependentes

- Variáveis Metabólicas;
- Variáveis Mecânicas;
- Variáveis Fisiomecânicas;
- Modelo Massa-Mola.

### 3.9.3. Caracterização

- Estatura;
- Idade;
- Massa corporal (MC);
- Composição corporal;
- Tempo de treinamento;
- Volume semanal de corrida.
- $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$

### 3.9.4. Intervenientes

Podem ter interferido nos achados a percepção subjetiva de esforço (PSE) dos participantes, bem como o nível de treinamento dos participantes e a motivação para a realização dos testes. PSE foi mensurada, enquanto com relação à motivação, os participantes foram orientados e estimulados a realizar os testes até que a exaustão seja atingida, e não seja mais possível continuar o teste na velocidade proposta.

## 3.10. Delineamento Experimental

Cada participante participou de três sessões de coletas de dados, sendo elas separadas por, no mínimo, 72 h de intervalo para evitar a exaustão precoce dos participantes devido à fadiga residual. A segunda e terceira sessão foram realizadas de forma randomizada entre si (Figura 3).

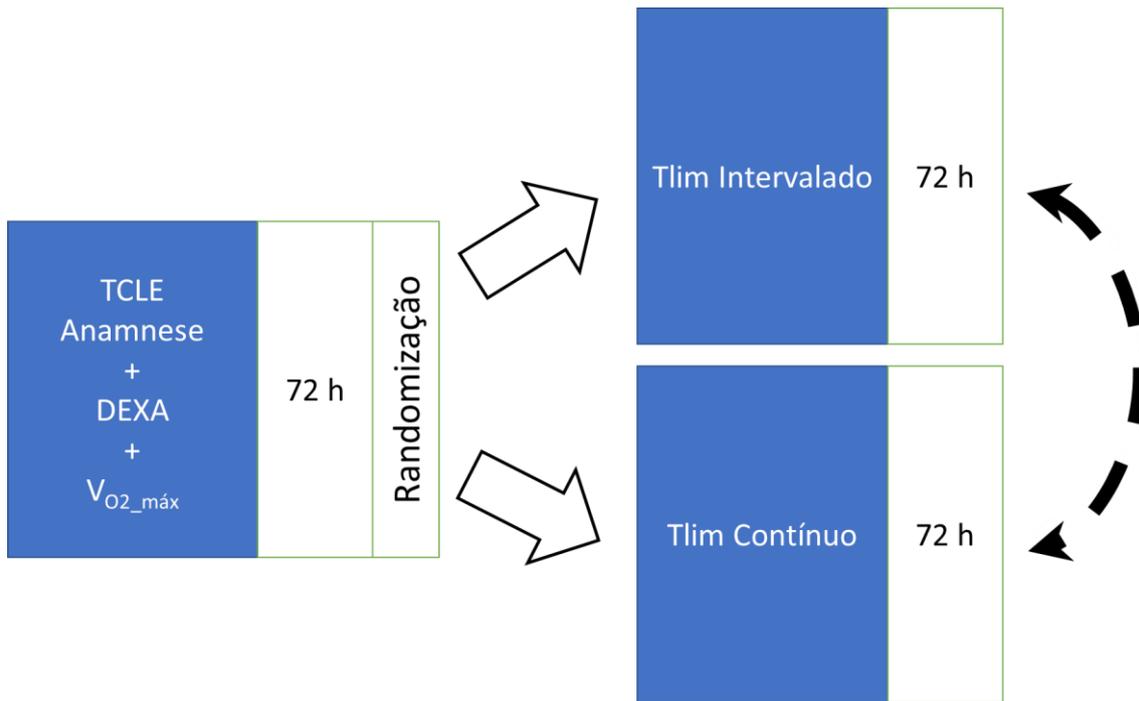


Figura 3. Delineamento Experimental. TCLE – Termo de consentimento livre e esclarecido. V<sub>O2\_máx</sub> – Teste de consumo máximo de oxigênio. Tlim – Teste de tempo de exaustão

1ª sessão de teste: O indivíduo assinou o TCLE, e foram retiradas todas as dúvidas que possam existir. Em seguida foram realizadas uma anamnese (Apêndices, seção 8.3.) e a avaliação de composição corporal através do método de densitometria por dupla emissão de Raio-x (DEXA). Por fim, os indivíduos foram familiarizados com a esteira e seguiram para o teste de consumo máximo de oxigênio. O teste iniciou em uma velocidade de 10 km/h e a cada minuto a velocidade foi aumentada em 1 km/h. Ao final de cada estágio foi perguntada a percepção de esforço do indivíduo (PSE). O teste foi interrompido quando ocorreu o abandono voluntário do indivíduo. A avaliação foi considerada válida, se pelo menos dois dos seguintes critérios forem alcançados: 1) frequência cardíaca máxima  $(208 - 0,7 * \text{idade})$  (TANAKA; MONAHAN; SEALS, 2001); 2) Impossibilidade/descoordenação de correr na velocidade proposta; 3) Quociente respiratório maior do que 1,10; 4) PSE maior de 17 (BORG, 1982) (Figura 4). Ao final do teste foi coletada uma gota de sangue para obtenção do valor máximo de  $[La^-]_s$

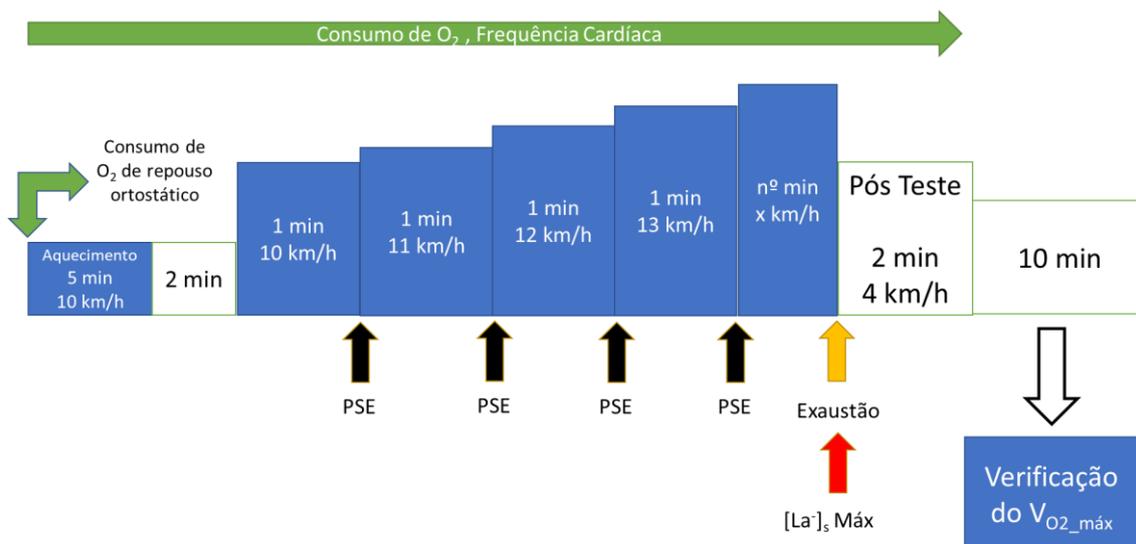


Figura 4. Primeira parte da primeira sessão de testes – Teste incremental em esteira.  $[La]_s$  – Lactato. PSE – Percepção Subjetiva de Esforço.  $V_{O_2\_máx}$  – Teste de consumo máximo de oxigênio.

Além disso, foi realizado um teste de confirmação do valor de  $V_{O_2\_máx}$ . Esta confirmação foi realizada 10 min após o teste incremental, e consistiu de 1 min em uma velocidade correspondente a 60% da velocidade do último estágio completo no teste incremental ( $\tilde{v}_{final}$ ), seguido de uma corrida até a exaustão na velocidade fixa do estágio que não foi completado pelo sujeito na etapa anterior. Este teste foi interrompido pelo sujeito ao abandonar voluntariamente o exercício antes de o protocolo todo ser encerrado (Figura 5) (POOLE; JONES, 2017; SCHAUN, 2017).

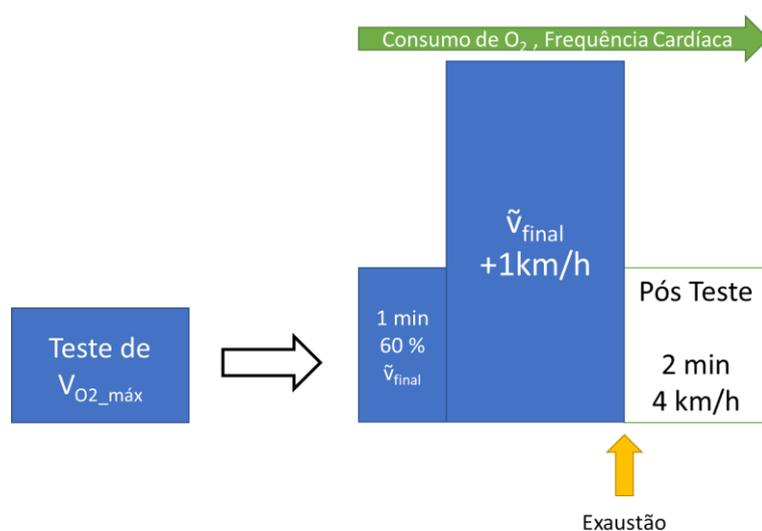


Figura 5. Segunda parte da primeira sessão de testes – Verificação do consumo máximo de oxigênio ( $V_{O_2\_máx}$ ).

2ª sessão de testes: Foi coletado o consumo de O<sub>2</sub> em repouso durante um intervalo de 5 min. Após isso foi coletada uma gota de sangue para análise do [La<sup>-</sup>]<sub>s</sub> de repouso. Em seguida o indivíduo aqueceu na esteira durante cinco minutos a uma velocidade de 12 km/h. Em seguida foi realizado o primeiro teste de exaustão, em que o indivíduo correu pelo maior tempo possível na  $\dot{V}VO_{2m\acute{a}x}$ . Durante este teste foram coletados dados metabólicos, forças de reação do solo (FoRS) e PSE a cada 400 m. Foi escolhido os 400 m visto que é uma distância habitual de treinamento do sujeitos e possibilitaria intervalos frequentes durante o protocolo. Após o teste foi mensurada a PSE e coletado o consumo de O<sub>2</sub> por 10 min ou até que os valores voltem aos níveis basais. Além disso, foi coletado sangue imediatamente após o final do teste, no terceiro, quinto e sétimo minuto para análise do [La<sup>-</sup>]<sub>s</sub> (Figura 6).

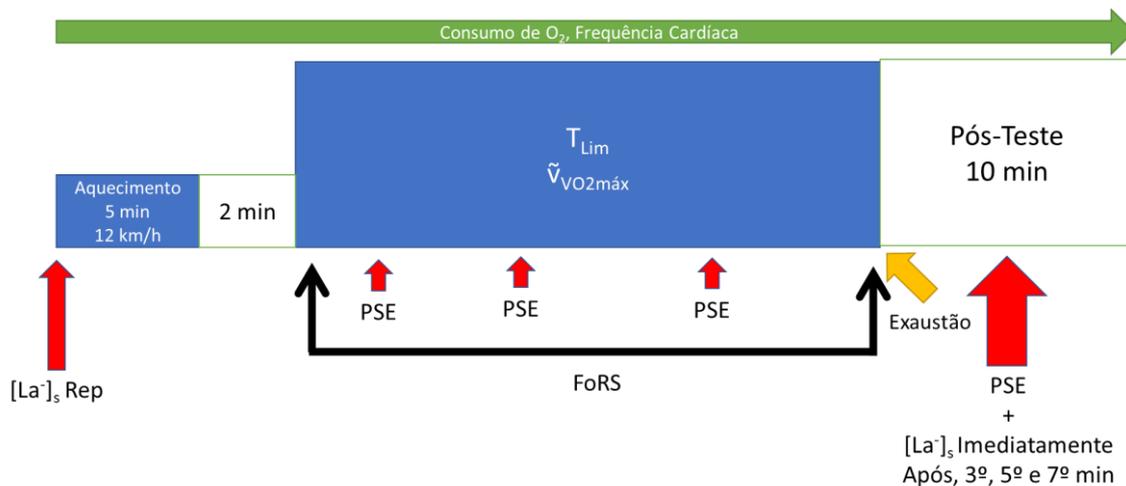


Figura 6. Segunda Sessão de Testes. [La<sup>-</sup>]<sub>s</sub> – Lactato.  $T_{lim}$  – Tempo de exaustão.  $\dot{V}VO_{2m\acute{a}x}$  – Velocidade associada ao consumo máximo de oxigênio. PSE – Percepção Subjetiva de Esforço. FoRS – Forças de Reação do Solo.

3ª sessão de teste: Foi coletado o consumo de O<sub>2</sub> em repouso durante um intervalo de 5 min. Após isso foi coletada uma gota de sangue para análise do [La<sup>-</sup>]<sub>s</sub> de repouso. Em seguida o indivíduo aqueceu na esteira durante cinco minutos a uma velocidade de 12 km/h. Em seguida o indivíduo foi orientado e estimulado a realizar o maior número possível de repetições de corridas de 400 m em  $\dot{V}VO_{2m\acute{a}x}$ , na esteira rolante, tendo um intervalo entre cada repetição com duração da metade do tempo de estímulo de corrida, sendo encorajado para que chegue até a exaustão durante o teste (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013). O protocolo foi mantido até que o sujeito abandonasse voluntariamente o teste, ou

até que realize um máximo de 15 estímulos de 400 m. Durante esta última sessão também foram coletados dados metabólicos, e FoRS a cada repetição de corrida. Após o teste foi mensurada a PSE, e coletado o consumo de O<sub>2</sub> por 10 min ou até que os valores voltem aos níveis basais. Além disso, foi coletado uma amostra de sangue em repouso, imediatamente após o término do teste além do terceiro, quinto e sétimo minuto para análise do [La<sup>-</sup>]<sub>s</sub> (Figura 7).

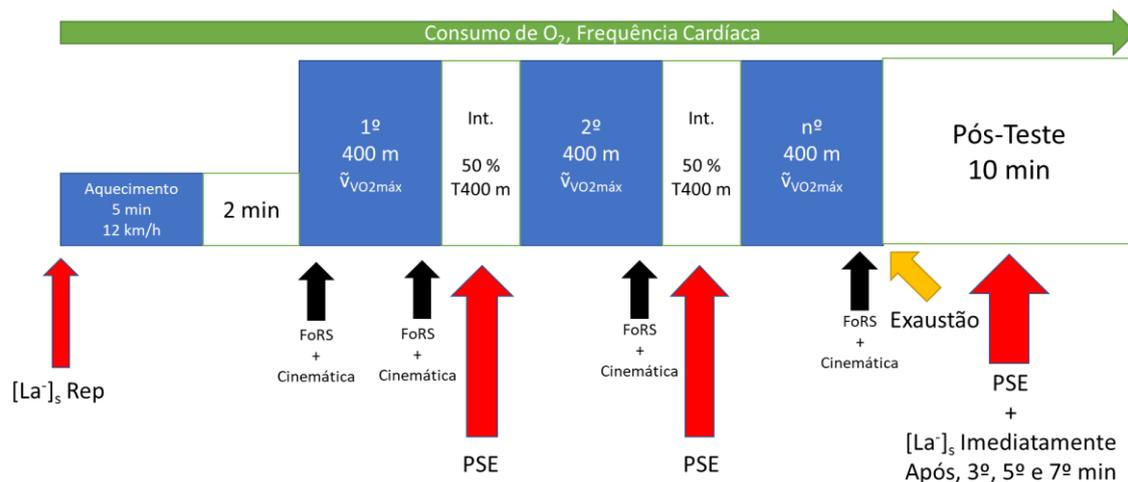


Figura 7. Terceira Sessão de Testes. [La<sup>-</sup>]<sub>s</sub> – Lactato.  $\dot{V}_{VO2\text{máx}}$  – Velocidade associada ao consumo máximo de oxigênio. PSE – Percepção Subjetiva de Esforço. FoRS – Forças de Reação do Solo.

### 3.11. Familiarizações

Todos os participantes foram familiarizados primeiramente a corrida na esteira, caso estes não tenham experiência em utilizá-la, e após isso foram familiarizados à utilização da máscara para análise de gases expirados.

### 3.12. Avaliadores

Os avaliadores foram previamente treinados para cada uma das avaliações relativas à composição corporal, operação da esteira, aquisição dos dados metabólicos e aquisição dos dados mecânicos.

### **3.13. Coleta de Dados**

#### **3.13.1. Composição Corporal**

Foi utilizada para mensurar a massa corporal (MC) uma balança analógica da marca ASIMED, com resolução de 0,1 kg, e para a estatura foi utilizado um estadiômetro da marca ASIMED com resolução de 0,5 cm.

O restante da composição corporal foi mensurado por meio de exames de composição corporal por dupla emissão de Raio-x (DEXA), pois é um método não invasivo e de alta fidedignidade que avalia todos os componentes da composição corporal (massa óssea, massa muscular e líquidos e massa gordurosa).

#### **3.13.2. Esteira Rolante e Coleta de Dados Mecânicos**

Em todas as análises de corrida do presente estudo foi utilizada uma esteira rolante da marca INBRAMED (Super ATL- Inbrasport Porto Alegre, RS, Brasil) com velocidade máxima de 32 km.h<sup>-1</sup> com resolução de 0,01 km.h<sup>-1</sup> com uma superfície de 196 cm de comprimento com 64 cm de largura útil. Esta esteira está equipada com sensores de força triaxiais da marca INSTOR (Porto Alegre, RS, Brasil) com resolução de 1 N e frequência de amostragem de 1000 hz. Esses sensores de força foram utilizados para mensurar as FoRS e posteriormente analisar as variáveis mecânicas e do modelo massa-mola.

#### **3.13.3. Dados Metabólicos**

Para tais análises foi utilizado o analisador de gases (K5, Cosmed, Roma, Itália). Para a coleta foi utilizada uma máscara de silicone onde o atleta irá respirar. Durante os testes foram registrados parâmetros de consumo de oxigênio (V<sub>O2</sub>) e frequência cardíaca (FC), volume expirado de CO<sub>2</sub> (V<sub>CO2</sub>), volume expiratório (V<sub>E</sub>) e frequência respiratória.

Quanto ao [La<sup>-</sup>]<sub>s</sub>, foi coletada uma gota de amostra sanguínea por punção do dedo indicador dos atletas a cada medida. As amostras foram obtidas através de tubos capilares heparinizados, sendo que após o procedimento foram separadas alíquotas e armazenadas a -80 °C para posterior análises.

### 3.13.4. Percepção Subjetiva de Esforço

Foi afixado uma escala de PSE (BORG, 1982) próximo ao sujeito enquanto o mesmo realizava os testes. No momento necessário os avaliadores questionavam o sujeito quanto à sua percepção e o sujeito indicava o valor da forma que lhe fosse mais confortável.

## 3.14. Procedimentos de Análise de Dados

### 3.14.1. Variáveis Mecânicas e do Modelo Massa-Mola

De acordo com o tempo do passo ( $T_P$ ) o deslocamento vertical do CM ( $S_v$ ) pode ser dividido em duas partes: quando a FoRS é maior que o peso corporal ( $T_{ce}$  e  $S_{ce}$ ), quando a FoRS é menor que o peso corporal ( $T_{ae}$  e  $S_{ae}$ ). Estas duas partes foram determinadas acima e abaixo dos pontos de equilíbrio do sistema massa-mola quando a FoRS é igual ao peso corporal (CAVAGNA et al., 1988). O período do passo e o deslocamento vertical também foram divididos da forma tradicional: durante tempo de contato ( $T_c$  e  $S_c$ ) e durante tempo aéreo ( $T_a$  e  $S_a$ ). Os critérios para dividir  $T=T_{ce}+T_{ae}=T_c+T_a$  e  $S_v=S_{ce}+S_{ae}=S_c+S_a$  estão baseados nos registros da plataforma de força e no processo matemático de integração.

A  $K_{vert}$ , foi definida por onde  $F_{v\_máx}$  é a força vertical máxima aplicada durante o contato do pé com o solo e  $\Delta S_{ce}$  é a variação do deslocamento do CM durante o contato. A unidade de medida é dada por  $N.m^{-1}$ .

$$K_{vert} = \frac{F_{v\_máx}}{\Delta S_c}$$

Equação 1. Cálculo da rigidez vertical ( $K_{vert}$ ).

Adaptação da equação para análise da rigidez vertical normalizada pela MC em relação aos pontos de equilíbrio segundo (CAVAGNA et al., 1988).

$$K_{vert} = \frac{a_{v+máx}}{\Delta S_v}$$

Equação 2. Cálculo da rigidez de perna ( $K_{leg}$ ) a partir da aceleração vertical máxima ( $a_{v\_máx}$ ).

A  $K_{vert}$  é obtida pela inclinação da relação entre aceleração vertical máxima ( $a_{v\_máx}$ ) e deslocamento vertical que corresponde à amplitude de oscilação do CM no período de tempo de contato efetivo ( $S_{ce}$ ), e da posição de equilíbrio ( $a_v = 1g$ ) para máxima deformação.

O cálculo do  $K_{leg}$  é obtido pela seguinte equação.

$$K_{leg} = \frac{F_{v\_m\acute{a}x}}{\Delta L}$$

Equação 3. Cálculo da rigidez de perna ( $K_{leg}$ ) a partir de força máxima ( $F_{v\_m\acute{a}x}$ ),

Onde  $F_{v\_m\acute{a}x}$  é o pico de força vertical e  $\Delta L$  é a variação do comprimento da perna obtida experimentalmente (ARAMPATZIS; BRUK; METZLER, 1999).

A compressão da perna também é descrita em função do deslocamento vertical do CM, do comprimento da perna e do ângulo de ataque (MCMAHON; CHENG, 1990). Assumindo simetria entre o contato e o despregue, o ângulo de ataque pode ser substituído pela velocidade de progressão horizontal e o tempo de contato. A equação 4 estima a variação do comprimento ( $\Delta L$ ) da perna:

$$\Delta L = S_c + L_0(1 - \cos\phi)$$

Equação 4. Cálculo da deformação de perna ( $\Delta L$ ).

Onde  $S_c$  é o deslocamento vertical do CM durante o contato,  $L_0$  é a comprimento de membro inferior e o  $\theta$  é o ângulo de ataque, sendo  $\tilde{v}$  a velocidade de progressão horizontal,  $T_c$  é o tempo de contato.

$$\phi = \sin\left(\frac{Vel. T_c}{2.L_0}\right)$$

Equação 5. Cálculo do ângulo de ataque da perna ( $\theta$ ).

Foram utilizadas quatro células de carga tridimensionais, cada uma posicionada sob cada pé da esteira. Estas células de carga são fabricadas em alumínio aeronáutico e o sistema tem uma frequência de amostragem de 1000 Hz em cada célula de carga. O equipamento possui um filtro do tipo passa-baixa, de segunda ordem, com frequência de corte de 30 Hz. A frequência escolhida por ser uma oitava abaixo da frequência da rede, garantindo que haja uma atenuação de 12 db (ou 4 vezes) nessa componente de frequência. A soma das forças de reação do solo foi realizada pelo software desenvolvido pela Instor (Porto Alegre, Brasil) criado em ambiente de programação LabVIEW (National Instruments, Austin, Estados Unidos). Após a aquisição, os dados foram exportados para posterior análise das variáveis de interesse.

### 3.14.2. Variáveis Metabólicas

O consumo de oxigênio em repouso ( $V_{O2\_rep}$ ) foi considerado como o valor médio do quarto minuto estando o sujeito em posição ortostática sobre a esteira, antes de realizar o aquecimento para o protocolo de testes.

A análise da curva de consumo de oxigênio ( $V_{O2}$ ) do teste incremental máximo foi analisada por meio da inspeção visual (método respiração á respiração) e os valores de  $V_{O2}$  foram plotados, a fim de excluir valores com quatro desvios-padrão acima ou abaixo da média das janelas móveis de toda a curva - média de três respirações cada janela (FERNANDES et al., 2012). A partir do teste incremental máximo, foram obtidos os resultados de  $\tilde{V}_{VO2m\acute{a}x}$  (velocidade correspondente ao último estágio finalizado) e  $V_{O2\_m\acute{a}x}$ . O  $V_{O2\_m\acute{a}x}$  foi determinado como o maior valor observado no último estágio do teste (maior velocidade) e, portanto, considerado como  $V_{O2\_m\acute{a}x}$  de pico.

O  $[La^-]_s$  foi coletado em repouso, imediatamente após o término dos testes e no terceiro, quinto e sétimo minutos após os testes. Foi adotado o maior valor encontrado após o teste como  $[La^-]_s$  máximo para posterior cálculo das variáveis.

Espera-se que o  $V_{O2\_m\acute{a}x}$  seja atingido rapidamente no protocolo contínuo e mantido até o seu final. Entretanto, no protocolo intervalado é esperado que nos primeiros estímulos os sujeitos não irão atingir o  $V_{O2\_m\acute{a}x}$  uma vez que o intervalo foi muito curto para alcançar este valor, sendo que posteriormente este valor foi alcançado uma vez que a recuperação do sujeito foi incompleta.

A determinação da concentração sanguínea de  $[La^-]_s$  foi realizada através do método enzimático por análise colorimétrica seguindo o protocolo proposto por Rodríguez et al. (1992) (COBAS, Roche Diagnostics, Basileia, Suíça).

Os custos aeróbio e anaeróbio foram calculados conforme proposto por Prampero et al. (1993), sendo o  $C_{aer}$  obtido a partir do consumo líquido de oxigênio, equivalente energético de 1 mlO<sub>2</sub> ( $EE_{O2}$ ), e da velocidade de corrida.

$$C_{aer} = \frac{(V_{O2} - V_{O2\_rep}) \cdot EE_{O2}}{Vel}$$

Equação 6. Cálculo do Custo Aeróbio de Corrida ( $C_{aer}$ ).

Por sua vez, o  $C_{ana}$  foi calculado a partir da elevação da concentração de  $[La^-]_s$  durante a distância percorrida e sua equivalência em O<sub>2</sub> ( $EE_{Lac}$ ) e  $EE_{O2}$ ,

sendo que foi considerado o valor de  $[La^-]_s$  inicial e final de cada estágio, assim como o maior valor encontrado após o teste no primeiro, terceiro, quinto e sétimo minuto após o teste.

$$C_{ana} = \frac{\Delta Lac. EE_{[La^-]_s} EE_{O_2}}{D_{lim}}$$

Equação 7. Cálculo do Custo Anaeróbio de Corrida ( $C_{ana}$ ).

Por fim, o  $C_{tot}$  foi calculado a partir do somatório do custo aeróbio e anaeróbio.

$$C_{tot} = C_{aer} + C_{ana}$$

Equação 8. Cálculo do Custo de Transporte Total ( $C_{tot}$ ).

O  $W_{met}$  foi calculado com base no consumo de oxigênio consumido multiplicado pela constante de conversão de mililitros de oxigênio para 20,9 J (BLAXTER, 1989).

### 3.15. Janelamento das Variáveis

As variáveis que foram medidas ininterruptamente tiveram seus valores comparados entre os testes em cinco janelas diferentes de tempo com percentuais relativos ao tempo de exaustão no respectivo teste. Os percentuais utilizados foram 0%, 25%, 50%, 75% e 100% do tempo de exaustão do teste, e foram analisados da seguinte forma:

- 0% - Foi analisado o valor médio do quinto ao décimo quinto segundo inicial do teste.
- 25%, 50% e 75% - No teste contínuo foi analisado do quinto segundo anterior ao quinto segundo posterior do tempo percentual do tempo de exaustão do sujeito. No teste intervalado foi realizada uma média ponderada entre os dez segundos finais dos estágios de teste mais próximos. Para a média ponderada foram utilizados pesos inversamente proporcionais à diferença entre o tempo percentual ideal e o tempo em que ocorreu o final dos estímulos mais próximos.

- 100% - Foi analisado o valor médio do décimo quinto ao quinto segundo final do teste.

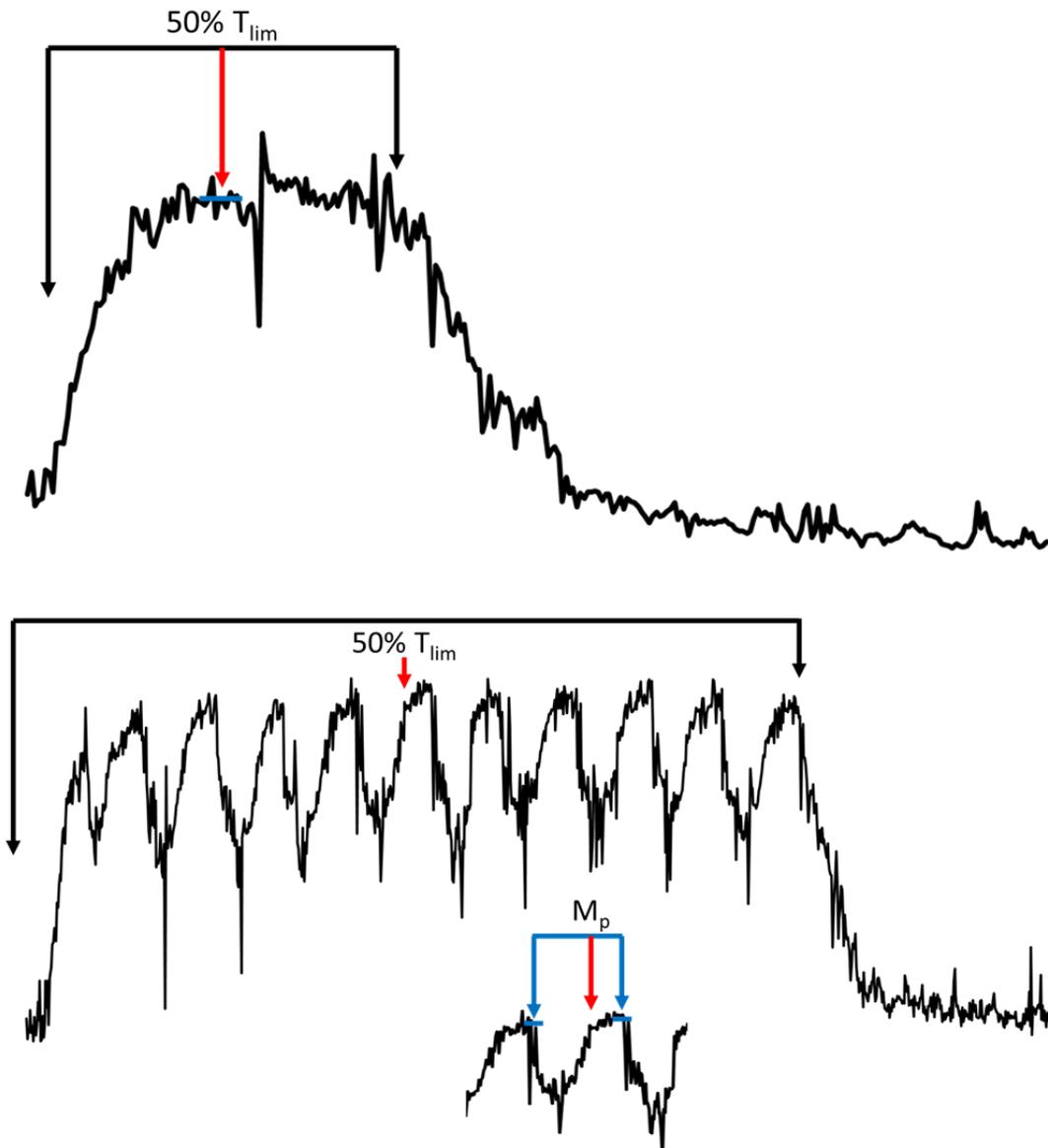


Figura 8. Exemplo de janelamento de 50% dos testes. No teste contínuo foi utilizada a média do quinto segundo anterior ao quinto segundo posterior ao tempo percentual do tempo de exaustão ( $T_{lim}$ ). No teste intervalado foi utilizada uma média ponderada ( $M_p$ ) dos 5 segundos finais dos estímulos mais próximos à metade do tempo de teste, com pesos inversamente proporcionais à diferença de tempo entre o estímulo e o tempo ideal do janelamento.

### 3.16. Análise Estatística

O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para se verificar a normalidade dos dados e determinar a apresentação da estatística descritiva. Para a análise estatística inferencial foi utilizado os modelos de equações estimativas

generalizadas (GEE). O teste foi feito baseado em uma distribuição linear ou gama, e foi selecionado o teste que apresentou um QIC melhor. Além disso, foi realizado teste de Bonferroni como post-hoc para localização das diferenças estatísticas. Foram testados dois modos (contínuo x intervalado) e 5 momentos (0% x 25% x 50% x 75% x 100%) tendo a velocidade como covariável. Para as variáveis com valores apenas no final do teste foi realizado um teste-t pareado. Além disso, foram calculados os tamanhos de efeito dos modos de exercício para as variáveis propostas através do cálculo do D de Cohen, bem como a diferença mínima detectável. O nível de significância adotado foi de  $\alpha \leq 0,05$ . Os procedimentos estatísticos foram realizados no programa SPSS, versão 25.0.

## 4. RESULTADOS

Na tabela 1 são apresentados os dados de caracterização da amostra sendo que os sujeitos tinham experiência média de 5,42 anos de treinamento e realizaram os testes em velocidade média de 19,58 km/h, persistindo no teste contínuo e intervalado por  $4,9 \pm 2,53$  min e  $12,0 \pm 4,8$  min respectivamente. Apenas dois sujeitos tiveram um  $V_{O_2\_m\acute{a}x}$  avaliado maior no momento da confirmação em relação ao teste incremental.

Tabela 1. Caracterização da Amostra. n=12.

Variável	Média $\pm$ Desvio Padrão
$V_{O_2m\acute{a}x}$ (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	62,63 $\pm$ 4,66
Vel <sub><math>V_{O_2m\acute{a}x}</math></sub> (km/h)	19,58 $\pm$ 0,85
Massa (kg)	70,2 $\pm$ 7,8
Estatura (cm)	176,0 $\pm$ 7,8
Idade (Anos)	28,8 $\pm$ 5,4
Tempo de Treino (Anos)	5,4 $\pm$ 3,4
Volume Semanal de Treino (km)	56,7 $\pm$ 29,2
%G	13,0% $\pm$ 3,2%

$V_{O_2m\acute{a}x}$  – Consumo máximo de Oxigênio.  $\check{v}_{V_{O_2m\acute{a}x}}$  – Velocidade de consumo máximo de oxigênio.  
%G – Percentual de gordura.

Quanto as variáveis metabólicas, em ambos os testes de exaustão os sujeitos apresentaram comportamentos semelhantes ao decorrer do tempo e valores máximos próximos dos atingidos no teste incremental. A FC e o  $V_{O_2}$  apresentaram um atraso maior para atingir os valores máximos no teste intervalado quando comparado ao teste contínuo. Durante o teste intervalado foi percorrida uma distância em média 2,4% maior em comparação ao teste contínuo (Figura 9).

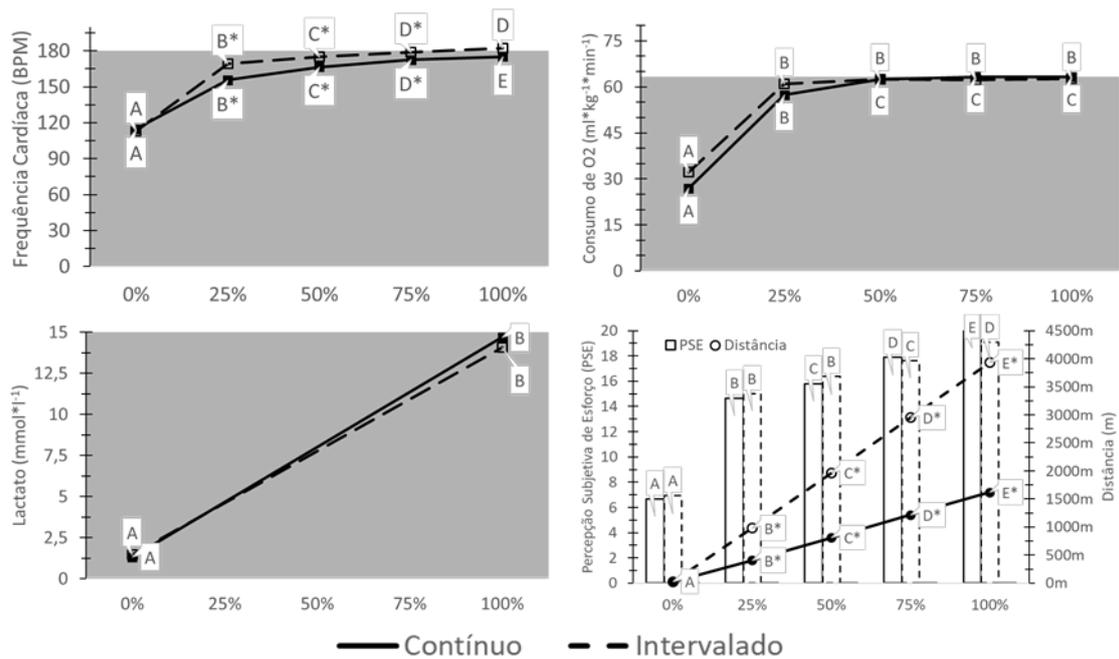


Figura 9. Dados metabólicos e distância realizada durante os testes contínuo (linha contínua) e intervalado (linha tracejada). Área sombreada representa a média dos valores máximos encontrados no teste incremental para cada variável. Letras diferentes representam diferenças estatísticas entre os momentos ( $p < 0,05$ ). \* representa diferença estatisticamente significativa entre os testes ( $p < 0,05$ ). BPM – Batimentos por minuto.

Valores de  $p$  e estatística descritiva para os dados metabólicos são apresentados no apêndice 8.4.

Na figura 10 são encontrados os comportamentos das variáveis mecânicas avaliadas. Não foram encontradas diferenças entre os protocolos, sendo que foi verificado um aumento de  $T_{ce}$  e  $T_{prop}$ , diminuição da  $FS$  e  $K_{vert}$  e aumento com posterior diminuição do  $T_{fren}$ .

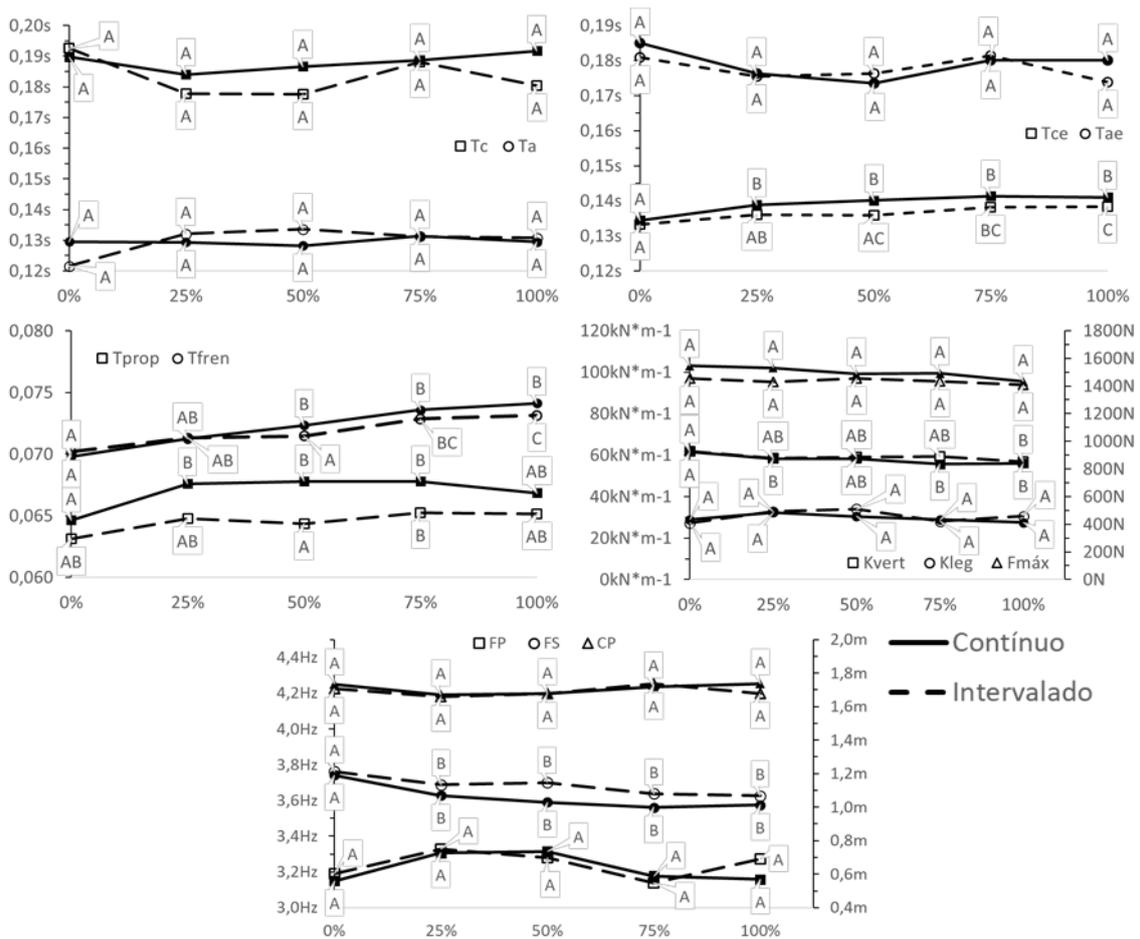


Figura 10. Dados mecânicos analisados durante os testes contínuo (linha contínua) e intervalado (linha tracejada). Letras diferentes representam diferenças estatísticas entre os momentos ( $p < 0,05$ ). \* representa diferença estatisticamente significativa entre os testes ( $p < 0,05$ ).  $T_c$  – Tempo de Contato.  $T_a$  – Tempo Aéreo.  $T_{ce}$  – Tempo de Contato Efetivo.  $T_{ae}$  – Tempo Aéreo Efetivo.  $T_{prop}$  – Tempo de Propulsão.  $T_{fren}$  – Tempo de Frenagem.  $K_{vert}$  – Rigidez Vertical.  $K_{leg}$  – Rigidez de Perna.  $F_{m\acute{a}x}$  – Força Máxima. FP – Frequência de Passo. FS – Frequência do Sistema. CP – Comprimento de Passo.

Valores de  $p$  e estatística descritiva para os dados mecânicos são apresentados no apêndice 8.4.

Na figura 11 são exibidos os dados da energia dispendida e do custo de transporte durante os testes. Foi necessária mais energia metabólica total e aeróbia durante o teste intervalado, entretanto a energia anaeróbia foi semelhante dentre os testes. Houve um custo anaeróbio significativamente menor aliado a custos total e aeróbio maiores no teste intervalado

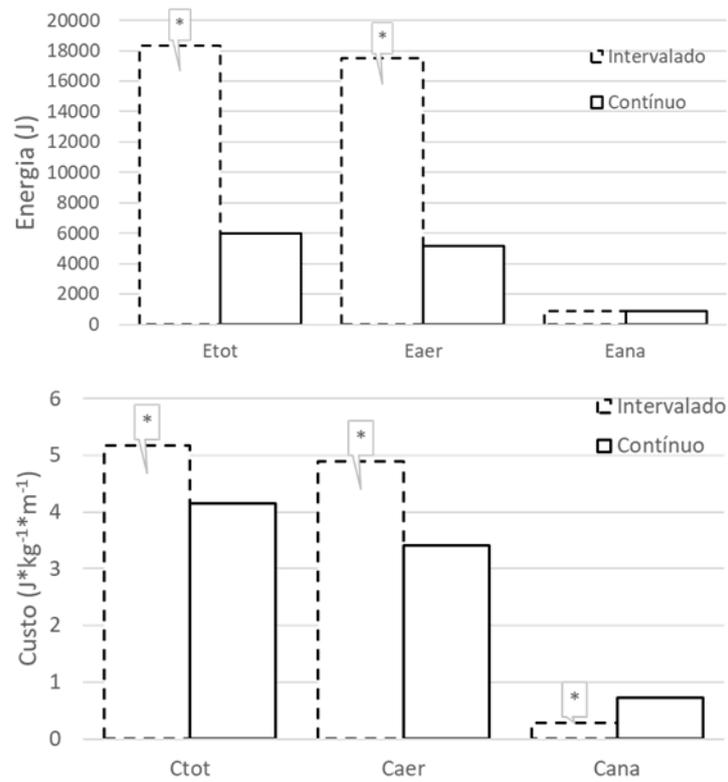


Figura 11. Energia dispendida e custo de transporte durante os testes intervalado (coluna tracejada) e contínuo (linha contínua). \* representa diferença estatisticamente significativa entre o teste intervalado e contínuo.  $E_{tot}$  – Energia Total.  $E_{aer}$  – Energia aeróbia.  $E_{ana}$  – Energia anaeróbia.  $C_{tot}$  – Custo de transporte total.  $C_{aer}$  – Custo aeróbio.  $C_{ana}$  – Custo anaeróbio.

Valores de p e estatística descritiva para os dados energéticos são apresentados no apêndice 8.4.

## 5. DISCUSSÃO

Primeiramente, os dados sugerem que os testes foram metabolicamente semelhantes, visto que o  $V_{O_2}$  e  $[La^-]_s$  mantido e atingido foram semelhantes, e ambos os testes demonstraram uma intensidade relativa ao domínio muito pesado (DEKERLE; PELAYO, 2011), corroborando com a hipótese inicial. Entretanto, a FC embora tenha apresentado um comportamento semelhante entre os testes, ela apresenta um atraso no protocolo contínuo. Isso pode ser devido à demora da ativação completa do sistema simpático (LEMOS; SANTOS, 2013). Este atraso pode ser recorrente da resposta relativamente lenta da FC aliada aos intervalos realizados protocolo intervalado (ASTRAND; SALTIN, 1961). Uma vez que os sujeitos correram em média 2,4x mais tempo para chegar nos percentuais de  $T_{lim}$  durante o teste intervalado, eles tiveram mais tempo para elevar a FC. Portanto, a queda de FC durante os intervalos foi supercompensada pelo maior tempo de exercício para atingir o percentual do  $T_{lim}$ . Os valores só se estabilizaram no mesmo patamar em ambos os protocolos no final do teste, em virtude de que em ambos os testes os sujeitos já tiveram a oportunidade de chegar à um platô de FC.

Quanto à PSE, os valores foram estatisticamente semelhantes em todos os pontos, novamente corroborando com a equivalência dos testes. Entretanto era esperado que ambos os testes finalizassem com percepção 20 (Máximo Esforço) (BORG, 1982), porém 2 sujeitos reportaram o índice 19 no décimo quinto e último estímulo possível, diminuindo assim o valor médio reportado pelos sujeitos. Esses sujeitos poderiam ter ficado mais tempo em exercício e provocado uma diferença média maior de 2,4x entre os testes para a  $D_{lim}$ . Entretanto esta diferença já é bastante expressiva do ponto de vista do estímulo que é almejado ao utilizar o método intervalado para o treinamento (LAURSEN; JENKINS, 2002).

Quanto às variáveis mecânicas, cabe destacar que não foram encontradas diferenças significativas para  $T_c$  e  $T_a$ , embora essas diferenças foram encontradas no  $T_{ce}$  e  $T_{ae}$ . Essa sensibilidade maior das variáveis efetivas corrobora com a literatura que atualmente tem demonstrado que há grandes perdas de informação quando é medido apenas as variáveis de forma tradicional,

e traz dúvidas quanto às conclusões que foram obtidas através da medição dos dados cinemáticos convencionais (DA ROSA et al., 2019). Quando é avaliado os valores efetivos, nota-se que o  $T_{ae}$  se mantém constante durante ambos os testes enquanto o  $T_{ce}$  aumenta progressivamente com o decorrer dos testes. Esse aumento do  $T_{ce}$  parece estar ligado ao comportamento do  $T_{prop}$  e  $T_{fren}$  que são os dois fatores que compõem o  $T_{ce}$ . Entretanto, analisando isoladamente o aumento do  $T_{ce}$ , pode-se sugerir que os sujeitos estavam menos reativos no final dos testes e, portanto, utilizavam menos o componente elástico para executar a corrida e acabavam por serem menos eficientes energeticamente (MAIWALD et al., 2009; SANTOS-CONCEJERO et al., 2013). A diferença de  $T_c$  é um dos fatores mecânicos que diferenciam corredores africanos e europeus, e impacta diretamente na economia de corrida dos corredores, possivelmente por possibilitar uma melhor coordenação e ativação muscular desses atletas (SANTOS-CONCEJERO et al., 2013). Caso os estudos que investigaram a relação entre o  $T_c$  e ECO houvessem utilizado o  $T_{ce}$ , possivelmente mais informação poderia ser obtida sobre a diferença da corrida de corredores africanos e europeus (DA ROSA et al., 2019).

O aumento progressivo do  $T_{fren}$  pode ser causado por uma menor, ou ao menos não tão efetiva contração muscular. Estudos mostram que com a instalação da fadiga há uma piora na contração muscular e consequentemente piora de exercícios de saltos, o que poderia ser causado por uma diminuição da rigidez músculo-tendão uma vez que as fibras musculares passam a ser mais complacentes (GATHERCOLE et al., 2015). Esse decréscimo de rigidez pode fazer com que o seja necessária mais deformação e consequentemente mais tempo para o armazenamento de energia (CAVAGNA, 2009; NYLAND et al., 1994). Em um estudo anterior, Komi (2000) investigou a influência da fadiga em exercícios com ciclos de alongamento e encurtamento nas fibras musculares. Ele verificou que em níveis baixos de fadiga este mecanismo poderia até ser melhorado, porém em níveis maiores de fadiga o mecanismo era piorado, corroborando assim com o presente estudo.

Por um mecanismo provavelmente semelhante ao explicado anteriormente, há um aumento do  $T_{prop}$  do momento inicial até os 75% do tempo de exaustão. Essa contração piorada pode ser a responsável por aumentar o

$T_{prop}$ , visto que a contração concêntrica é predominante nesta fase (KOMI, 2000). Entretanto, no final do teste há uma diminuição nos valores de  $T_{prop}$ . Este comportamento é inesperado, porém pode ser decorrente de uma tentativa de *sprint* no final do teste, fazendo com que o sujeito tivesse valores de  $T_{prop}$  semelhantes ao início dos testes, onde o sujeito estava se adaptando à alta velocidade imposta pelo protocolo (MERO, 1988). Entretanto, era esperado que no final do teste o sujeito estivesse com mais fadiga e conseqüentemente aumentasse ainda mais os valores de  $T_{prop}$ , entretanto as teorias mais atuais da fadiga sugerem que é possível no final de um exercício máximo ocorra um aumento de velocidade e que a técnica de corrida seja semelhante ao início do teste por um curto intervalo de tempo (MARCORA, 2008). Esses resultados dos fatores mecânicos corroboram parcialmente com as hipóteses iniciais. Quando se utiliza as distâncias absolutas percorridas, o protocolo intervalado preservou por mais tempo os valores mecânicos, entretanto quando se considera os valores percentuais da  $D_{lim}$  os resultados não foram diferentes entre si.

Do ponto de vista da rigidez, foi encontrada uma redução gradual dos valores com o progresso dos testes. Visto que a  $F_{máx}$  se manteve estatisticamente constante, essa diminuição deve ter ocorrido aliada ao aumento do  $T_{ce}$ , uma vez que estas duas variáveis que compõem os cálculos para determinação do  $K_{vert}$  (CAVANAGH; LAFORTUNE, 1980; MUNRO; MILLER; FUGLEVAND, 1987). Entretanto, mesmo com a redução do  $T_{ce}$  não houve diferença significativa no  $K_{leg}$ . O fator que parece ter sido influenciado pelos testes a ponto de divergir no comportamento das duas formas de rigidez é a deformação de perna e deformação vertical. Esses parâmetros foram estimados através do  $T_{ce}$ , sendo que o  $K_{leg}$  tem em seus cálculos variáveis como a velocidade e o comprimento de perna, que podem ter atenuado a diferença que foi encontrada no  $K_{vert}$ . Esses resultados jogam luz aos estudos que investigaram a rigidez durante a corrida e apresentavam resultados discrepantes entre si, mas ainda não são capazes de indicar uma resposta definitiva.

Os resultados do presente estudo corroboram com o que foi previamente encontrado em protocolos de intensidade semelhante à proposta neste estudo, constituída por provas de 5 km ou distâncias menores (GIRARD; MILLET; MICALLEF, 2017; GIRARD et al., 2013; GIRARD; MICALLEF; MILLET, 2011).

Sendo assim, a intensidade de exercício parece ser o fator determinante para o comportamento do  $K_{\text{vert}}$ . Entretanto, o estudo de Rabita et al. (2011) ainda apresenta resultados diferentes ( $K_{\text{vert}}$  estável e  $K_{\text{leg}}$  reduzido) mesmo com uma intensidade igualmente alta, de 95% da  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ . Uma característica única deste estudo citado é que ele foi realizado exclusivamente com triatletas, o que poderia ter interferido nas estratégias de corrida. Porém, o presente estudo contou com 9 triatletas e 3 corredores exclusivos, e os resultados encontrados foram os mesmos dos estudos realizados apenas com corredores. Sendo assim, ainda é necessário que mais investigações sejam feitas na área para determinar quais mecanismos alteram o  $K_{\text{leg}}$  e o  $K_{\text{vert}}$ , uma vez que os resultados ainda não são conclusivos.

Quanto às frequências, a FS teve foi menor durante os testes. Esse comportamento é congruente com o  $T_{\text{ce}}$ , visto que este é a fase baixa da oscilação, ou seja, metade do período do sistema, do qual é determinada a FS (BLICKHAN, 1989). Quanto a FP, ela se manteve constante durante os testes, juntamente com o CP, porque não era esperado comportamentos distintos dessas variáveis uma vez que a velocidade era mantida constante, e diversos estudos mostram que em testes com a velocidade constante a FP e CP tendem a se manter estáveis independente do estado de fadiga (CAVAGNA et al., 1988; DEGACHE et al., 2016).

Em virtude da maior distância percorrida, a  $E_{\text{tot}}$  foi maior no teste intervalado em relação ao contínuo, devido a mais  $E_{\text{aer}}$  dispendida durante o teste. Uma vez que o  $[\text{La}^-]_s$  encontrado nos testes foi estatisticamente semelhante, era esperado que a  $E_{\text{ana}}$  tivesse magnitudes também semelhantes entre os testes, uma vez que a  $E_{\text{ana}}$  é diretamente ligada ao acúmulo de  $[\text{La}^-]_s$  (DI PRAMPERO et al., 1993).

Quanto aos custos de transporte os resultados tiveram comportamentos diretamente ligados às energias. O  $C_{\text{ana}}$  foi menor para o protocolo intervalado. Isso é natural uma vez que a distância deste protocolo foi maior com um valor semelhante de  $E_{\text{ana}}$  entre os testes (DI PRAMPERO et al., 1993). Quanto ao  $C_{\text{aer}}$  e  $C_{\text{tot}}$ , era esperado que o teste intervalado tivesse um  $C_{\text{aer}}$  maior do que o teste contínuo, entretanto essa diferença teve uma magnitude suficiente para aumentar conjuntamente o  $C_{\text{tot}}$ . No teste contínuo, o  $C_{\text{tot}}$  teve valores similares

ao encontrado na literatura ( $4,1 \pm 0,4 \text{ J.kg}^{-1}.\text{m}^{-1}$ ) em testes em que os sujeitos atingem um estado metabólico estável, enquanto no teste intervalado o  $C_{\text{tot}}$  foi expressivamente maior ( $5,2 \pm 0,6 \text{ J.kg}^{-1}.\text{m}^{-1}$ ) do que o normalmente encontrado (DA ROSA et al., 2019; MINETTI et al., 2002). Esse aumento exagerado do  $C_{\text{aer}}$  e conseqüentemente do  $C_{\text{tot}}$  pode ser conseqüência da produção de  $[\text{La}^-]_s$  durante os períodos de estímulo e conseqüente metabolização do  $[\text{La}^-]_s$  durante os intervalos. Uma vez que toda transferência de energia apresenta ineficiências, este ciclo de produção e metabolização (piruvato-lactato-piruvato) pode apresentar perdas de energia, fazendo com que o trabalho metabólico seja menos eficiente, e conseqüentemente há um aumento do  $C_{\text{tot}}$  (NELSON; COX, 2013). Esses resultados dos custos vão de encontro com o esperado inicialmente visto que os custos foram maiores no protocolo intervalado. É indicado que sejam feitos mais estudos para investigar de forma mais profunda este maior  $C_{\text{tot}}$  e  $C_{\text{aer}}$  e confirmar os mecanismos associados a estes aumentos no protocolo intervalado em relação ao contínuo e o que é normalmente encontrado na literatura.

## 6. CONCLUSÃO

Com o presente estudo podemos verificar que os estímulos mecânico e metabólico são semelhantes nos testes intervalado e contínuo, com ressalva para um maior  $C_{aer}$  e  $C_{tot}$  em virtude do metabolismo do  $[La^-]_s$ . Além disso, o teste intervalado possibilitou um maior tempo de estímulo, e conseqüentemente maior estímulo de treinamento para os atletas.

## 7. REFERÊNCIAS

ARAMPATZIS, A.; BRUK, G.-P.; METZLER, V. The effect of speed on leg stiffness and joint kinematics in human running. **Journal of Biomechanics**, v. 32, p. 4, 1999.

ASTRAND, P.-O.; SALTIN, B. Oxygen uptake during the first minutes of heavy muscular exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 16, n. 6, p. 971–976, 1961.

BARNES, K. R.; KILDING, A. E. Strategies to Improve Running Economy. **Sports Medicine**, v. 45, n. 1, p. 37–56, 2015. a.

BARNES, K. R.; KILDING, A. E. Running economy: measurement, norms, and determining factors. **Sports Medicine - Open**, v. 1, n. 1, p. 8, 2015. b.

BARTLETT, J. D. et al. High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise: Implications for exercise adherence. **Journal of Sports Sciences**, v. 29, n. 6, p. 547–553, 2011.

BILLAT, L. V. Interval Training for Performance: A Scientific and Empirical Practice. **Sports Medicine**, v. 31, n. 1, p. 13–31, 2001.

BILLAT, V. L. Significance of the velocity at VO<sub>2</sub>max and time to exhaustion at this velocity. **Sports Medicine**, v. 22, n. 2, p. 19, 1996.

BLAXTER, V. Energy metabolism in animals and man. **Cambridge University Press**, 1989.

BLICKHAN, R. The Spring-Mass Model for Running and Hoping. **J. Biomechanics**, v. 22, n. 11, p. 11, 1989.

BLUM, Y.; LIPFERT, S. W.; SEYFARTH, A. Effective leg stiffness in running. **Journal of Biomechanics**, v. 42, n. 14, p. 2400–2405, 2009.

BORG, G. A. V. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 14, n. 5, p. 377–381, 1982.

BROOKS, G. A. The lactate shuttle during exercise and recovery. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 18, n. 3, p. 360–8, 1986.

BUCHHEIT, M.; LAURSEN, P. B. High-Intensity Interval Training, Solutions to the Programming Puzzle. **Sports Medicine**, v. 43, n. 10, p. 313–338, 2013.

CARRARD, A.; FONTANA, E.; MALATESTA, D. The mechanical determinants of the U-shaped speed-energy cost of running relationship. **Frontiers in Physiology**, v. 9, n. December, p. 1–13, 2018.

CAVAGNA, G. A. et al. Mechanical work in terrestrial locomotion: two basic mechanisms for minimizing energy expenditure. **American Journal of Physiology**, v. 233, n. 5, p. 243–261, 1977.

CAVAGNA, G. A. et al. The determinants of the step frequency in running, trotting and hopping in man and other vertebrates. **Journal of Physiology**, v. 399, n. 12, p. 81, 1988.

CAVAGNA, G. A. The landing-take-off asymmetry in human running. **Journal of Experimental Biology**, v. 209, n. 20, p. 4051–4060, 2006.

CAVAGNA, G. A. The two asymmetries of the bouncing step. **European Journal of Applied Physiology**, v. 107, n. 6, p. 739–742, 2009.

CAVAGNA, G. A.; KANEKO, M. Mechanical work and efficiency in level walking in running. **Journal of Physiology**, v. 268, p. 15, 1977.

CAVANAGH, P. R.; LAFORTUNE, M. A. Ground reaction forces in distance running. **Journal of Biomechanics**, v. 13, n. 5, p. 397–406, 1980.

CONLEY, D. L.; KRAHENBUHL, G. S. Running economy and distance running performance of highly trained athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 12, n. 5, p. 357–360, 1980.

CURRELL, K.; JEUKENDRUP, A. E. Validity, Reliability and Sensitivity of Measures of Sporting Performance. **Sports Medicine**, v. 38, n. 4, p. 297–316, 2008.

DA ROSA, R. G. et al. Landing-Takeoff Asymmetries Applied to Running Mechanics: A New Perspective for Performance. **Frontiers in Physiology**, v. 10, n. April, p. 1–8, 2019.

DEGACHE, F. et al. Running Mechanics During the World's Most Challenging Mountain Ultramarathon. **International journal of sports physiology and performance**, v. 11, n. 5, p. 608–614, 2016.

DEKERLE, J.; PELAYO, P. Assessing aerobic endurance in swimming. **World Book of Swimming: From Science to Performance**, 2011.

DEMARIE, S.; KORALSZTEIN, J. P.; BILLAT, B. Time limit at VO<sub>2</sub>max during a continuous and intermittent run. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 40, p. 7, 2000.

DENADAI, B. S. et al. Índices fisiológicos associados com a performance aeróbia em corredores de endurance: efeitos da duração da prova. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 10, n. 5, p. 4, 2004.

DENADAI, B. S. et al. Interval training at 95% and 100% of the velocity at V O<sub>2</sub> max : effects on aerobic physiological indexes and running performance. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 31, n. 6, p. 737–743, 2006.

DI PRAMPERO, P. E. et al. The energetics of endurance running. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 55, n. 3, p. 259–266, 1986.

DI PRAMPERO, P. E. et al. Energetics of best performances in middle-distance running. **Journal of Applied Physiology**, v. 74, n. 5, p. 2318–2324, 1993.

DUTTO, D. J. .; SMITH, G. A. . Changes in Spring-Mass Characteristics During Treadmill Running To Exhaustion. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 34, n. 8, p. 1324–1331, 2002.

FARLEY, C. T.; GONZÁLEZ, O. Lef stiffness and stride frequency in human running. **Journal of Biomechanics**, v. 29, n. 2, p. 6, 1996.

FERGUSON, B. S. et al. Lactate metabolism: historical context, prior misinterpretations, and current understanding. **European Journal of Applied Physiology**, v. 118, n. 4, p. 691–728, 2018.

FERNANDES, R. et al. Different VO<sub>2</sub>max Time-Averaging Intervals in Swimming. **International Journal of Sports Medicine**, v. 33, n. 12, p. 1010–1015, 2012.

FISCHER, G.; STORNILO, J. L. L.; PEYRÉ-TARTARUGA, L. A. Effects of Fatigue on Running Mechanics: Spring-Mass Behavior in Recreational Runners after 60 Seconds of Countermovement Jumps. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 31, n. 6, p. 445–451, 2015.

FLUECK, M.; EILERS, W. Training Modalities: Impact on Endurance Capacity. **Endocrinology and Metabolism Clinics of North America**, v. 39, n. 1, p. 183–200, 2010.

GATHERCOLE, R. et al. Alternative Countermovement-Jump Analysis to Quantify Acute Neuromuscular Fatigue. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 10, n. 1, p. 84–92, 2015.

GIOVANELLI, N.; TABOGA, P.; LAZZER, S. Changes in Running Mechanics During a 6-Hour Running Race. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 12, n. 5, p. 642–647, 2017.

GIRARD, O. et al. Changes in running mechanics and spring-mass behaviour during 5km time-trial. **Orthopedics and Biomechanics**, v. 34, p. 10, 2013.

GIRARD, O. et al. Changes in running mechanics over 100-m, 200-m and 400-m treadmill sprints. **Journal of Biomechanics**, v. 49, n. 9, p. 1490–1497, 2016.

GIRARD, O. ; MILLET, P. G. ; MICALLEF, P. J. . Mechanical alterations during 800-m self-paced track-running. **Orthopedics and Biomechanics**, p. 8, 2017.

GIRARD, O.; MICALLEF, J.-P.; MILLET, G. P. Changes in spring-mass model characteristics during repeated running sprints. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 1, p. 125–134, 2011.

GLADDEN, L. B. Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium. **The Journal of Physiology**, v. 558, n. 1, p. 5–30, 2004.

HAYES, P. R.; CAPLAN, N. Lef stiffness decreases during run to exhaustion at the speed at VO<sub>2</sub>max. **European Journal of Sports Science**, v. 14, n. 6, p. 7, 2014.

HEGLUND, N. C.; CAVAGNA, G. A. Efficiency of vertebrate locomotory muscles. **Journal of Experimental Biology**, v. 115, p. 10, 1985.

HELGERUD, J. et al. Aerobic High-Intensity Intervals Improve VO<sub>2</sub>max More Than Moderate Training. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 39, n. 4, p. 665–671, 2007.

HOBARA, H. et al. Continuous change in spring-mass characteristics during

a 400m sprint. **Journal of Science and Medicine in Sports**, v. 13, p. 6, 2010.

HUNTER, I.; SMITH, G. A. Preferred and optimal stride frequency, stiffness and economy: changes with fatigue during a 1-h high-intensity run. **European Journal of Applied Physiology**, v. 100, n. 6, p. 653–661, 2007.

JONES, P.; BAMPOURAS, T. M. Resistance training for distance running: A brief update. **Strength and Conditioning Journal**, v. 29, n. 1, p. 28–35, 2007.

KANEKO, M. Mechanics and energetics in running with special reference to efficiency. **J. Biomechanics**, v. 23, n. Suppl. 1, p. 7, 1990.

KOMI, P. Stretch-shortening cycle: A powerful model to study normal and fatigued muscle. **Journal of Biomechanics**, v. 33, n. 10, p. 1197–1206, 2000.

LAURSEN, P. B. et al. Reliability of Time-to-Exhaustion versus Time-Trial Running Tests in Runners. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 39, n. 8, p. 1374–1379, 2007.

LAURSEN, P. B.; JENKINS, D. G. The scientific basis for high-intensity interval training. **Sports Medicine**, v. 32, n. 1, p. 21, 2002.

LEMOES, F. A.; SANTOS, T. M. Resposta cronotrópica ao teste anaeróbico máximo de corrida - MART. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 19, n. 3, p. 155–159, 2013.

LIEBERMAN, D. E.; BRAMBLE, D. M. The Evolution of Marathon Running. **Sports Medicine**, v. 37, n. 4, p. 288–290, 2007.

MAIWALD, C. et al. Detecting foot-to-ground contact from kinematic data in running. **Footwear Science**, v. 1, n. 2, p. 111–118, 2009.

MARCORA, S. M. Do we really need a central governor to explain brain regulation of exercise performance? **European Journal of Applied Physiology**, v. 104, n. 5, p. 929–931, 2008.

MARCORA, S. M.; STAIANO, W.; MANNING, V. Mental fatigue impairs physical performance in humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 106, n. 3, p. 857–864, 2009.

MCMAHON, T. A.; CHENG, G. C. The mechanics of running: how does stiffness couple with speed. **Journal of Biomechanics**, v. 23, p. 14, 1990.

MERO, A. Force-Time Characteristics and Running Velocity of Male Sprinters during the Acceleration Phase of Sprinting. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 59, n. 2, p. 94–98, 1988.

MICHELE, R. Di; MERNI, F. The concurrent effects of strike pattern and ground-contact time on running economy. **Journal of Science and Medicine in Sport**, 2013.

MINETTI, A. E. et al. Energy cost of walking and running at extreme uphill and downhill slopes. **Journal of Applied Physiology**, v. 93, n. 3, p. 1039–1046, 2002.

MORIN, J.-B. B. et al. A simple method for measuring stiffness during running. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 23, p. 14, 2005.

MUNRO, C. F.; MILLER, D. I.; FUGLEVAND, A. J. Ground reaction forces in running: A reexamination. **Journal of Biomechanics**, v. 20, n. 2, p. 147–155, 1987.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger Principles of Biochemistry**. 7a Edição ed. [s.l.] : W. H. Freeman, 2013.

NOAKES, T. D. Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptations that predict or enhance athletic performance. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 10, p. 23, 2000.

NOAKES, T. D. Time to move beyond a brainless exercise physiology: the evidence for complex regulation of human exercise performance. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 36, n. 1, p. 23–35, 2011.

NOAKES, T. D. Fatigue is a Brain-Derived Emotion that Regulates the Exercise Behavior to Ensure the Protection of Whole Body Homeostasis. **Frontiers in Physiology**, v. 3, p. 13, 2012.

NYLAND, J. A. et al. Relationship of Fatigued Run and Rapid Stop to Ground Reaction Forces, Lower Extremity Kinematics, and Muscle Activation. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 20, n. 3, p. 132–137, 1994.

PEYRÉ-TARTARUGA, L. A.; LOSS, J. F. **Energética e Mecânica da Caminhada e Corrida Humana**. 2008. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

POOLE, D. C.; JONES, A. M. Measurement of the maximum oxygen uptake  $VO_{2max}:VO_{2peak}$  is no longer acceptable. **Journal of Applied Physiology**, v. 122, n. 4, p. 997–1002, 2017.

RABITA, G. et al. Spring-Mass Behavior during Exhaustive Run at Constant Velocity in Elite Triathletes. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 43, n. 4, p. 685–692, 2011.

RABITA, G. et al. Changes in spring-mass behaviour and muscle activity during an exhaustive run at  $VO_{2max}$ . **Journal of Biomechanics**, v. 46, p. 7, 2013.

RODRÍGUEZ, F. et al. A Comparative Study of Blood Lactate Analytic Methods. **International Journal of Sports Medicine**, v. 13, n. 06, p. 462–466, 1992.

ROSA, R. G. Da; PEYRÉ-TARTARUGA, L. A. **Influência do ciclismo na eficiência e economia de corrida em triatletas**. 2014. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 2014.

SAIBENE, F.; MINETTI, A. E. Biomechanical and physiological aspects of legged locomotion in humans. **European Journal of Applied Physiology**, v. 88, n. 4, p. 297–316, 2003.

SANTOS-CONCEJERO, J. et al. Differences in ground contact time explain the less efficient running economy in north african runners. **Biology of sport**, v. 30, n. 3, p. 181–7, 2013.

SAUNDERS, P. U. et al. Factors affecting running economy in trained distance runners. **Sports Medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 34, n. 7, p. 21, 2004.

SCHAUN, G. Z. The Maximal Oxygen Uptake Verification Phase: a Light at the End of the Tunnel? **Sports Medicine - Open**, v. 3, n. 1, p. 44, 2017.

SMIRMAUL, B. P. C. et al. The psychobiological model: a new explanation to intensity regulation and (in)tolerance in endurance exercise. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 27, n. 2, p. 333–340, 2013.

SPURRS, R. W.; MURPHY, A. J.; WATSFORD, M. L. The effect of plyometric training on distance running performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 89, n. 1, p. 1–7, 2003.

TANAKA, H.; MONAHAN, K. D.; SEALS, D. R. Age-predicted maximal heart rate revisited. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 37, n. 1, p. 153–156, 2001.

VALSTAD, S. et al. Comparison of Long and Short High-Intensity Interval Exercise Bouts on Running Performance, Physiological and Perceptual Responses. **Sports Medicine International Open**, v. 02, n. 01, p. e20–e27, 2018.

WILLIAMS, K. R.; CAVANAGH, P. R. Relationship between distance running mechanics, running economy, and performance. **Journal of Applied Physiology**, v. 63, n. 3, p. 1236–1245, 1987.

WOLEDGE, R. C. **Energetics Aspects of Muscle Contraction**. London: Academic Press, 1985.

## **8. APÊNDICES**

### **8.1. TCLE**

#### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

#### **UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

O Sr. está sendo convidado a participar como voluntário de um projeto de pesquisa intitulado: “Fisiomecânica da corrida intervalada e contínua em velocidade associada ao VO<sub>2</sub>máx”.

Neste estudo pretendemos analisar os comportamentos da mecânica e do metabolismo da corrida em diferentes formas, sendo elas o exercício contínuo e intervalado. Buscamos assim o melhor entendimento de como o corpo se comporta durante corridas de alta intensidade. Sendo assim, os resultados deste estudo podem contribuir para um melhor conhecimento sobre a mecânica de corrida e como o corpo se comporta em exercícios intensos.

Foi necessária a participação de homens entre 20 e 40 anos que estejam dispostos a realizar os três dias de teste proposto e que tenham experiência com corrida, e que façam habitualmente treinos intervalados., além de ter realizado treinamento de corrida nos últimos seis meses.

O envolvimento com o estudo acontecerá em três dias distintos de avaliação, com intervalo mínimo de 72 h entre as sessões. As sessões de teste têm duração média de 2 h, contando com familiarizações e avaliações propriamente ditas. Todas as avaliações foram realizadas no Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX), sendo a avaliação de composição corporal em sala específica (no prédio principal), e os demais testes foram realizados no laboratório de biodinâmica (anexo ao LAPEX). Estes dois locais são localizados no Campus Olímpico, junto da Escola Superior de Educação Física, Fisioterapia e Dança da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), que conta com toda a infraestrutura necessária para os testes. Os testes foram realizados por professores de educação física, juntamente com alunos do curso de Educação Física da UFRGS.

Este estudo compreende os seguintes procedimentos:

- Um questionário inicial, em que você responderá perguntas sobre seus dados pessoais (idade, telefone, etc.) e nível de treinamento (tempo de uma prova recente de 5 km, volume semanal, etc.).
- Realização de uma avaliação antropométrica em que foi medida a espessura da gordura subcutânea de alguns pontos do seu corpo. Nesse teste o ideal é utilizar alguma roupa como um calção, além do que você deverá ficar de peito nu, para que seja possível medir a sua pele sem a interferência do tecido.
- Após isso foram feitos três testes na esteira rolante, um em cada dia, que consistirão nos seguintes prosseguimentos:

Dia 1 - No primeiro dia, foi realizada uma avaliação da composição corporal que consiste em verificar a quantidade de gordura e massa magra do corpo, por meio de exame de imagem por Raios-X de dupla absorção (com muito baixo nível de radiação) realizado com uso de trajes leves (calção ou bermuda e camiseta). Após isso foi feita a realização um teste máximo cardiorrespiratório, com aumento progressivo do nível de esforço, até que você queira parar a avaliação. Durante esse teste você estará respirando através de uma máscara que é utilizada para analisar os gases que você estará inspirando e expirando. Esse teste foi realizado em apenas um dia e terá duração média de 15 minutos. No teste máximo cardiorrespiratório podem ocorrer alguns desconfortos como dores e cansaço musculares temporários. Há também alterações nos batimentos cardíacos e na pressão arterial. Porém, entende-se que seus batimentos cardíacos foram monitorados ao longo de todos os testes e que você poderá interromper o teste a qualquer momento

Dia 2 – Também na esteira e com a máscara utilizada para analisar os gases expirados e inspirados. Neste dia foram fixados alguns pontos reflexivos em locais específicos do seu corpo. A esteira ficará em uma velocidade constante e você deverá correr até alcançar seu máximo esforço possível. De forma semelhante ao dia 1, há alterações de batimentos cardíacos naturais do exercício que foram monitorados, e você poderá parar o teste a qualquer momento. Antes do início deste teste, imediatamente após, no terceiro quinto e sétimo minuto após o término do teste, foi coletado uma gota de sangue da ponta do seu dedo, de forma que possa ser analisado como seu organismo respondeu ao exercício. Essas coletas de sangue foram realizadas por pessoal treinado e com material higienizado de forma adequada a prevenir quaisquer transmissões de doenças.

Dia 3 – Novamente na esteira com a máscara e os pontos reflexivos. A esteira estará na mesma velocidade do dia 2, porém você terá um intervalo de descanso a cada 400 m de corrida compreendendo 50% do tempo necessário para percorrer os 400 m. De forma semelhante você foi estimulado a correr a maior distância possível podendo parar a esteira a qualquer momento que achar necessário. Antes do início deste teste, a cada intervalo imediatamente após, no terceiro quinto e sétimo minuto após o término do teste, foi coletado uma gota de sangue da ponta do seu dedo.

Levando em consideração o tempo de organização e preparação do sujeito para realizar os testes, considera-se que cada uma das sessões pode durar 1 h.

O risco relacionado à sua participação neste estudo é baixo, porém devemos alertar que há a possibilidade de lesão decorrente da atividade física. A avaliação e intervenção foi realizada em ambiente seguro e quaisquer eventos adversos terão suporte necessário da equipe científica, além de contar com médico nas dependências da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (ESEFID – UFRGS), local onde foi realizado todas as avaliações do presente estudo. Em caso de eventos adversos leves, os testes foram adiados de forma a preservar o sujeito, e o mesmo foi orientado para que se recupere da melhor forma possível, e possa em data futura retomar os testes.

Em caso de necessidade de atendimento médico especializado, foi contatado o serviço de atendimento médico de urgência (SAMU, 192) para a remoção do sujeito e condução do mesmo até o hospital mais próximo.

Os benefícios de participar deste estudo foi a possibilidade de realizar os testes com pessoal capacitado e poder utilizar os resultados para auxiliar os seus treinamentos posteriores, além de conhecer melhor suas capacidades físicas. Além disso, os resultados auxiliarão os profissionais a compreender melhor a mecânica da corrida, o que beneficiará indiretamente você e outras pessoas.

Você poderá perguntar aos pesquisadores sobre a pesquisa em qualquer aspecto que desejar e poderá desistir a qualquer momento, e isso não causará nenhum prejuízo ou penalidade para você. Caso precise contatar os pesquisadores eles se encontram diariamente no laboratório de biodinâmica (sala 18 do Centro Natatório) da Escola Superior de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) ou pelo telefone (51) 3308-5820, ou pelo e-mail: mp.masiero@gmail.com. O contato para o Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS pode ser feito pelo telefone: +55 51 3308 3738, ou pelo e-mail: etica@propeq.ufrgs.br.

Garantimos o sigilo das informações, isso é, foi garantido o anonimato das informações, os exames foram identificados com senhas numéricas. Mas os resultados de todos os participantes (sem o seu nome) podem ser divulgados em artigos científicos.

Você está recebendo duas cópias deste documento (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido), e deverá assiná-las caso aceite participar como voluntário (a). Uma cópia deste consentimento informado assinado foi arquivada no Laboratório em Pesquisa do Exercício (LAPEX) da Escola Superior de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e a segunda cópia ficará com você.

Você não precisará pagar pelos testes e não receberá pagamento pela participação no estudo.

Eu, \_\_\_\_\_, nascido em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_, residente e domiciliado na cidade de \_\_\_\_\_ declaro que fui informado quanto aos propósitos dos estudos 1) "Fisiomecânica da corrida intervalada e contínua em velocidade associada ao VO<sub>2</sub>máx", de maneira clara e detalhada. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim desejar. Os resultados obtidos durante este estudo foram mantidos em sigilo, mas concordo que sejam divulgados em publicações científicas, desde que meus dados pessoais e de identificação não sejam mencionados. Caso eu desejar, poderei tomar conhecimento pessoalmente dos resultados no final desta pesquisa.

Concordo de livre e espontânea vontade em participar como voluntário (a) deste estudo. Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Porto Alegre de de 20 .

Assinatura do participante: \_\_\_\_\_.

**Pesquisadores Responsáveis**

---

**Dr. Leonardo Alexandre Peyré Tartaruga**  
**Departamento de Educação Física ESEFID/UFRGS**

---

**Marcos Paulo Bienert Masiero**  
**Laboratório em pesquisa do Exercício LAPEX – ESEFID/UFRGS**

## 8.2. Instrumento de Coleta de Dados – Questionário sobre hábitos esportivos

Código do Sujeito: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

1. Qual a sua idade?
2. Qual o seu peso aproximado?
3. Qual a sua altura aproximada?
4. Qual a melhor forma de entrar em contato com você?
5. Qual o principal esporte que você pratica atualmente?
6. A quanto tempo?
7. Qual a sua frequência média de treinamento semanal?
8. Qual o volume (quantidade) de treino que você faz semanalmente? (em quilômetros ou horas)
9. Qual a última prova que você fez? Qual a distância? Qual o tempo líquido realizado?
10. Você tem algum histórico de lesão?
11. Tem sentido algum desconforto ao treinar recentemente?
12. Já correu em esteira?
13. Você costuma realizar treinamentos intervalados?
14. Já sentiu algum desconforto ao ver/coletar sangue?

## 8.3. Dados da Estatística Descritiva e Inferencial

### 8.3.1. Distância

	Estatística Descritiva											
	Contínuo						Intervalado					
	0%	25%	50%	75%	100%	Geral	0%	25%	50%	75%	100%	Geral
Média	27	406	811	1217	1623	1623	27	983	1967	2950	3933	3933
Desvio	1	214	428	642	856	856	1	400	799	1199	1598	1598
Mínimo	25	185	370	555	740	740	25	400	800	1200	1600	1600
Máximo	29	800	1600	2400	3200	3200	29	1500	3000	4500	6000	6000

	Estatística Inferencial															
	Tempo*Tempo															
	Contínuo					Intervalado					Geral					
	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%	100%	Geral
0%	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
25%	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
50%	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001
75%	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001
100%	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001

	Contínuo*Intervalado						Interação Tempo*Modo
	0%	25%	50%	75%	100%	Geral	
p	1,000	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
TE	1,88						<0,001
DMD	245,414						

### 8.3.2. PSE

	Estatística Descritiva											
	Contínuo						Intervalado					
	0%	25%	50%	75%	100%	Geral	0%	25%	50%	75%	100%	Geral
Média	6,7	14,7	15,8	17,9	20,0	14,9	6,9	15,0	16,4	17,6	19,1	14,9
Desvio	0,5	2,7	2,1	1,2	0,0	4,9	1,4	1,8	1,6	1,7	1,9	4,7
Mínimo	6,0	10,8	10,4	14,9	20,0	6,0	6,0	12,0	14,0	14,0	14,0	6,0
Máximo	7,0	19,0	18,1	19,0	20,0	20,0	11,0	19,0	19,0	20,0	20,0	20,0

	Estatística Inferencial															
	Tempo*Tempo															
	Contínuo					Intervalado					Geral					
	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%	100%	Geral
0%	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
25%	<0,001	-	0,682	<0,001	<0,001	<0,001	-	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	0,001	<0,001	<0,001	<0,001
50%	<0,001	0,682	-	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001
75%	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001
100%	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001

	Contínuo*Intervalado						Interação Tempo*Modo
	0%	25%	50%	75%	100%	Geral	
p	0,572	0,626	0,410	0,567	0,100	0,753	<0,001
TE	0,02						0,387
DMD	0,959						

### 8.3.3. Frequência Cardíaca

	Estatística Descritiva											
	Contínuo						Intervalado					
	0%	25%	50%	75%	100%	Geral	0%	25%	50%	75%	100%	Geral
Média	114,7	155,6	166,7	172,5	175,2	156,9	112,8	169,2	175,2	179,0	182,5	165,2
Desvio	25,5	15,3	11,4	11,1	13,0	27,2	11,8	8,0	7,1	7,2	10,1	26,7
Mínimo	75,0	134,0	150,0	154,0	151,0	75,0	101,0	157,0	164,0	167,0	165,0	101,0
Máximo	160,0	176,0	183,0	189,0	193,0	193,0	134,0	182,0	188,0	191,0	202,0	202,0

Estatística Inferencial															
Tempo*Tempo															
	Contínuo					Intervalado					Geral				
	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%	100%
0%	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
25%	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001
50%	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	0,004	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001
75%	<0,001	<0,001	<0,001	-	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	-	0,065	<0,001	<0,001	<0,001	-	0,045
100%	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	-	<0,001	<0,001	0,004	0,065	-	<0,001	<0,001	<0,001	0,045	-

	Contínuo*Intervalado					
	0%	25%	50%	75%	100%	Geral
p	0,833	0,004	0,012	0,043	0,063	0,146
TE	0,31					
DMD	5,398					

Interação Tempo*Modo
0,011

### 8.3.4. Consumo de Oxigênio

Estatística Descritiva												
	Contínuo						Intervalado					
	0%	25%	50%	75%	100%	Geral	0%	25%	50%	75%	100%	Geral
Média	26,91	57,40	62,40	63,31	63,24	54,65	32,15	60,99	62,45	62,35	62,70	56,46
Desvio	7,11	8,00	6,55	6,62	8,35	15,84	13,04	8,13	7,30	9,18	8,44	14,93
Mínimo	18,00	44,92	49,80	50,88	50,46	18,00	18,73	44,67	53,43	48,84	52,27	18,73
Máximo	38,82	68,52	72,17	73,21	77,39	77,39	58,65	77,35	81,09	82,11	79,35	82,11

Estatística Inferencial															
Tempo*Tempo															
	Contínuo					Intervalado					Geral				
	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%	100%
0%	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
25%	<0,001	-	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	-	1,000	1,000	1,000	<0,001	-	0,003	0,022	0,056
50%	<0,001	<0,001	-	0,915	1,000	<0,001	1,000	-	1,000	1,000	<0,001	0,003	-	1,000	1,000
75%	<0,001	<0,001	0,915	-	1,000	<0,001	1,000	1,000	-	1,000	<0,001	0,022	1,000	-	1,000
100%	<0,001	0,001	1,000	1,000	-	<0,001	1,000	1,000	1,000	-	<0,001	0,056	1,000	1,000	-

	Contínuo*Intervalado					
	0%	25%	50%	75%	100%	Geral
p	0,133	0,112	0,978	0,636	0,723	0,179
TE	0,12					
DMD	3,077					

Interação Tempo*Modo
0,031

### 8.3.5. Lactato

	Estatística Descritiva			
	Contínuo		Intervalado	
	0%	100%	0%	100%
Média	1,32	14,69	1,60	15,34
Desvio	0,24	1,41	1,13	2,29
Mínimo	0,95	12,60	0,95	12,10
Máximo	1,90	16,58	4,90	18,60

	Estatística Inferencial Contínuo*Intervalado		
	0%	100%	Geral
	p	0,398	0,206
TE	0,35		
DMD	1,222		

### 8.3.6. Tempo de Contato

Estatística Descritiva												
	Contínuo						Intervalado					
	0%	25%	50%	75%	100%	Geral	0%	25%	50%	75%	100%	Geral
Média	0,190	0,184	0,187	0,189	0,192	0,188	0,193	0,178	0,178	0,188	0,180	0,183
Desvio	0,018	0,031	0,029	0,023	0,028	0,025	0,020	0,028	0,030	0,025	0,019	0,025
Mínimo	0,153	0,141	0,151	0,149	0,148	0,141	0,160	0,118	0,110	0,166	0,153	0,110
Máximo	0,220	0,235	0,236	0,223	0,239	0,239	0,224	0,216	0,213	0,236	0,218	0,236

Estatística Inferencial															
Tempo*Tempo															
	Contínuo					Intervalado					Geral				
	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%	100%
0%	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-	0,399	0,588	1,000	0,217	-	0,206	0,723	1,000	1,000
25%	1,000	-	1,000	1,000	1,000	0,399	-	1,000	0,613	1,000	0,206	-	1,000	0,971	1,000
50%	1,000	1,000	-	1,000	1,000	0,588	1,000	-	1,000	1,000	0,723	1,000	-	1,000	1,000
75%	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000	0,613	1,000	-	1,000	1,000	0,971	1,000	-	1,000
100%	1,000	1,000	1,000	1,000	-	0,217	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-

	Contínuo*Intervalado					
	0%	25%	50%	75%	100%	Geral
p	0,637	0,623	0,466	0,928	0,207	0,491
TE	0,19					
DMD	0,005					

Interação Tempo*Modo
0,407

### 8.3.7. Tempo Aéreo

Estatística Descritiva												
	Contínuo						Intervalado					
	0%	25%	50%	75%	100%	Geral	0%	25%	50%	75%	100%	Geral
Média	0,130	0,129	0,128	0,131	0,129	0,130	0,122	0,132	0,134	0,131	0,131	0,130
Desvio	0,017	0,018	0,022	0,019	0,020	0,019	0,019	0,017	0,016	0,020	0,013	0,017
Mínimo	0,108	0,102	0,102	0,105	0,101	0,101	0,086	0,104	0,108	0,092	0,106	0,092
Máximo	0,172	0,161	0,160	0,159	0,160	0,172	0,155	0,157	0,149	0,161	0,149	0,161

Estatística Inferencial															
Tempo*Tempo															
	Contínuo					Intervalado					Geral				
	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%	100%
0%	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-	0,321	0,210	1,000	1,000	-	0,676	1,000	1,000	1,000
25%	1,000	-	1,000	1,000	1,000	0,321	-	1,000	1,000	1,000	0,676	-	1,000	1,000	1,000
50%	1,000	1,000	-	1,000	1,000	0,210	1,000	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000
75%	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000
100%	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-

	Contínuo*Intervalado					
	0%	25%	50%	75%	100%	Geral
p	0,106	0,619	0,272	0,987	0,783	0,942
TE	0,02					
DMD	0,004					

Interação Tempo*Modo
0,12

### 8.3.8. Tempo de Contato Efetivo

Estatística Descritiva												
	Contínuo						Intervalado					
	0%	25%	50%	75%	100%	Geral	0%	25%	50%	75%	100%	Geral
Média	0,134	0,139	0,140	0,141	0,141	0,139	0,133	0,136	0,136	0,138	0,138	0,136
Desvio	0,010	0,012	0,011	0,012	0,013	0,012	0,006	0,008	0,009	0,009	0,007	0,008
Mínimo	0,119	0,121	0,121	0,121	0,122	0,119	0,125	0,120	0,120	0,122	0,125	0,120
Máximo	0,161	0,170	0,167	0,167	0,168	0,170	0,143	0,147	0,150	0,150	0,149	0,150

Estatística Inferencial															
Tempo*Tempo															
	Contínuo					Intervalado					Geral				
	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%	100%
0%	-	0,001	<0,001	<0,001	0,016	-	0,155	1,000	0,010	<0,001	-	0,001	0,130	<0,001	<0,001
25%	0,001	-	1,000	0,401	1,000	0,155	-	1,000	0,670	0,001	0,001	-	1,000	0,072	0,173
50%	<0,001	1,000	-	0,646	1,000	1,000	1,000	-	<0,001	0,350	0,130	1,000	-	<0,001	0,117
75%	<0,001	0,401	0,646	-	1,000	0,010	0,670	<0,001	-	1,000	<0,001	0,072	<0,001	-	1,000
100%	0,016	1,000	1,000	1,000	-	<0,001	0,001	0,350	1,000	-	<0,001	0,173	0,117	1,000	-

	Contínuo*Intervalado					
	0%	25%	50%	75%	100%	Geral
p	0,666	0,397	0,185	0,298	0,406	0,344
TE	0,29					
DMD	0,002					

Interação Tempo*Modo
0,196

### 8.3.9. Tempo Aéreo Efetivo

Estatística Descritiva												
	Contínuo						Intervalado					
	0%	25%	50%	75%	100%	Geral	0%	25%	50%	75%	100%	Geral
Média	0,185	0,176	0,174	0,180	0,180	0,179	0,181	0,175	0,176	0,181	0,174	0,178
Desvio	0,017	0,021	0,029	0,011	0,021	0,020	0,010	0,016	0,017	0,006	0,014	0,013
Mínimo	0,164	0,143	0,125	0,162	0,149	0,125	0,163	0,130	0,136	0,174	0,139	0,130
Máximo	0,231	0,225	0,229	0,204	0,231	0,231	0,196	0,198	0,199	0,194	0,194	0,199

Estatística Inferencial															
Tempo*Tempo															
	Contínuo					Intervalado					Geral				
	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	100%	Geral
0%	-	0,638	0,386	1,000	1,000	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-	0,472	0,279	1,000	0,691
25%	0,638	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000	1,000	0,472	-	1,000	0,580	1,000
50%	0,386	1,000	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000	0,279	1,000	-	0,858	1,000
75%	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-	0,824	1,000	0,580	0,858	-	1,000
100%	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000	1,000	0,824	-	0,691	1,000	1,000	1,000	-

Contínuo*Intervalado						
	0%	25%	50%	75%	100%	Geral
p	0,339	0,925	0,781	0,605	0,356	0,773
TE	0,09					
DMD	0,003					

Interação	
Tempo*Modo	
0,303	

### 8.3.10. Tempo de Propulsão

Estatística Descritiva												
	Contínuo						Intervalado					
	0%	25%	50%	75%	100%	Geral	0%	25%	50%	75%	100%	Geral
Média	0,065	0,068	0,068	0,068	0,067	0,067	0,063	0,065	0,064	0,065	0,065	0,065
Desvio	0,007	0,008	0,008	0,007	0,008	0,007	0,004	0,004	0,004	0,005	0,004	0,004
Mínimo	0,056	0,056	0,056	0,057	0,058	0,056	0,057	0,056	0,057	0,057	0,058	0,056
Máximo	0,085	0,088	0,087	0,086	0,086	0,088	0,072	0,071	0,072	0,074	0,072	0,074

Estatística Inferencial															
Tempo*Tempo															
	Contínuo					Intervalado					Geral				
	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	100%	Geral
0%	-	0,001	<0,001	0,001	0,158	-	0,304	1,000	0,207	0,127	-	0,007	0,023	0,012	0,069
25%	0,001	-	1,000	1,000	1,000	0,304	-	1,000	0,962	1,000	0,007	-	1,000	1,000	1,000
50%	<0,001	1,000	-	1,000	0,608	1,000	1,000	-	0,002	0,264	0,023	1,000	-	0,087	1,000
75%	0,001	1,000	1,000	-	0,461	0,207	0,962	0,002	-	1,000	0,012	1,000	0,087	-	1,000
100%	0,158	1,000	0,608	0,461	-	0,127	1,000	0,264	1,000	-	0,069	1,000	1,000	1,000	0,000

Contínuo*Intervalado						
	0%	25%	50%	75%	100%	Geral
p	0,413	0,159	0,091	0,167	0,360	0,203
TE	0,41					
DMD	0,001					

Interação	
Tempo*Modo	
0,003	

### 8.3.11. Tempo de Frenagem

Estatística Descritiva												
	Contínuo						Intervalado					
	0%	25%	50%	75%	100%	Geral	0%	25%	50%	75%	100%	Geral
Média	0,070	0,071	0,072	0,074	0,074	0,072	0,070	0,071	0,071	0,073	0,073	0,072
Desvio	0,004	0,004	0,005	0,006	0,007	0,005	0,004	0,004	0,006	0,005	0,004	0,005
Mínimo	0,063	0,065	0,065	0,064	0,065	0,063	0,064	0,064	0,063	0,065	0,067	0,063
Máximo	0,076	0,082	0,079	0,083	0,089	0,089	0,077	0,076	0,080	0,081	0,080	0,081

Estatística Inferencial															
Tempo*Tempo															
	Contínuo					Intervalado					Geral				
	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%	100%
0%	-	0,597	0,009	0,003	0,060	-	0,600	1,000	0,140	0,002	-	0,116	0,150	0,002	0,005
25%	0,597	-	1,000	0,083	0,558	0,600	-	1,000	0,535	0,007	0,116	-	1,000	0,070	0,107
50%	0,009	1,000	-	0,247	1,000	1,000	1,000	-	0,012	0,019	0,150	1,000	-	<0,001	0,018
75%	0,003	0,083	0,247	-	1,000	0,140	0,535	0,012	-	1,000	0,002	0,070	<0,001	-	1,000
100%	0,060	0,558	1,000	1,000	-	0,002	0,007	0,019	1,000	-	0,005	0,107	0,018	1,000	0,000

p	Contínuo*Intervalado					
	0%	25%	50%	75%	100%	Geral
TE	0,708	0,956	0,533	0,630	0,537	0,718
DMD			0,09			
			0,001			

Interação Tempo*Modo
0,594

### 8.3.12. Rigidez Vertical

Estatística Descritiva												
	Contínuo					Geral	Intervalado					Geral
	0%	25%	50%	75%	100%		0%	25%	50%	75%	100%	
Média	61,6	58,3	58,2	55,7	56,0	58,0	61,9	58,6	59,1	59,2	56,9	59,1
Desvio	9,4	10,3	10,5	10,8	9,9	10,1	9,6	7,7	7,5	10,5	6,0	8,3
Mínimo	42,9	37,2	39,2	39,8	39,4	37,2	48,5	49,1	51,6	46,8	46,2	46,2
Máximo	78,3	78,9	81,0	81,5	74,9	81,5	78,5	74,7	73,3	77,0	66,4	78,5

Estatística Inferencial															
Tempo*Tempo															
	Contínuo					Intervalado					Geral				
	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%	100%
0%	-	0,010	0,075	0,001	0,003	-	1,000	1,000	1,000	0,049	-	0,150	0,140	0,102	0,002
25%	0,010	-	1,000	0,723	0,909	1,000	-	1,000	1,000	0,715	0,150	-	1,000	1,000	0,214
50%	0,075	1,000	-	0,050	0,623	1,000	1,000	-	1,000	0,103	0,140	1,000	-	1,000	0,025
75%	0,001	0,723	0,050	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000	0,102	1,000	1,000	-	1,000
100%	0,003	0,909	0,623	1,000	-	0,049	0,715	0,103	1,000	-	0,002	0,214	0,025	1,000	0,000

p	Contínuo*Intervalado					
	0%	25%	50%	75%	100%	Geral
TE	0,900	0,900	0,753	0,143	0,733	0,603
DMD			0,13			
			1,835			

Interação Tempo*Modo
0,125

### 8.3.13. Rigidez de Perna

Estatística Descritiva												
	Contínuo					Geral	Intervalado					Geral
	0%	25%	50%	75%	100%		0%	25%	50%	75%	100%	
Média	28,9	32,4	30,4	28,9	27,5	29,6	27,2	32,8	34,0	28,1	30,6	30,5
Desvio	3,6	11,7	10,1	5,7	6,4	8,0	4,3	12,6	14,0	4,2	8,6	9,7
Mínimo	22,9	20,3	19,4	19,0	20,0	19,0	18,2	23,7	23,5	23,1	24,1	18,2
Máximo	34,8	61,3	55,2	37,5	40,4	61,3	31,7	71,8	74,2	36,3	51,4	74,2

Estatística Inferencial															
Tempo*Tempo															
	Contínuo					Intervalado					Geral				
	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%	100%
0%	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000	0,701	1,000	1,000	-	0,396	0,473	1,000	1,000
25%	1,000	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000	1,000	0,396	-	1,000	0,263	1,000
50%	1,000	1,000	-	1,000	0,000	0,701	1,000	-	0,914	1,000	0,473	1,000	-	0,373	1,000
75%	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000	1,000	0,914	-	1,000	1,000	0,263	0,373	-	1,000
100%	1,000	1,000	0,000	1,000	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000

p	Contínuo*Intervalado					
	0%	25%	50%	75%	100%	Geral
TE	0,181	0,947	0,514	0,640	0,242	0,725
DMD			0,10			
			1,766			

Interação Tempo*Modo
0,273

### 8.3.14. Força Máxima

	Estatística Descritiva											
	Contínuo						Intervalado					
	0%	25%	50%	75%	100%	Geral	0%	25%	50%	75%	100%	Geral
Média	1544,7	1531,6	1487,8	1491,8	1433,1	1497,8	1455,2	1430,7	1456,1	1435,6	1408,7	1437,3
Desvio	210,4	222,8	250,2	254,8	247,9	233,0	202,5	240,4	217,7	249,5	237,3	222,9
Mínimo	1168,8	1159,1	1073,2	975,6	1074,8	975,6	1129,4	1013,7	1185,4	1089,3	973,5	973,5
Máximo	1867,9	1774,9	1763,6	1792,6	1826,8	1867,9	1783,3	1736,8	1761,1	1752,6	1691,7	1783,3

	Estatística Inferencial															
	Tempo*Tempo															
	Contínuo					Intervalado					Geral			Geral		
0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%		100%	
0%	-	1,000	1,000	0,320	0,117	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000	1,000	0,469	0,104
25%	1,000	-	1,000	0,696	0,075	1,000	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000	0,640	
50%	1,000	1,000	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000	0,682	
75%	0,320	0,696	1,000	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000	
100%	0,117	0,075	1,000	1,000	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-	0,469	0,640	0,682	1,000	0,000	

	Contínuo*Intervalado					
	0%	25%	50%	75%	100%	Geral
	p	0,107	0,052	0,449	0,122	0,556
TE	0,27					
DMD	45,589					

Interação Tempo*Modo	
0,185	

### 8.3.15. Frequência de Passo

	Estatística Descritiva											
	Contínuo						Intervalado					
	0%	25%	50%	75%	100%	Geral	0%	25%	50%	75%	100%	Geral
Média	3,15	3,31	3,32	3,18	3,16	3,22	3,19	3,33	3,28	3,14	3,27	3,24
Desvio	0,23	0,44	0,55	0,21	0,34	0,37	0,13	0,47	0,38	0,12	0,33	0,32
Mínimo	2,55	2,52	2,53	2,93	2,51	2,51	2,95	2,92	2,90	2,93	2,98	2,90
Máximo	3,45	4,30	4,45	3,67	3,91	4,45	3,37	4,76	4,19	3,35	4,26	4,76

	Estatística Inferencial															
	Tempo*Tempo															
	Contínuo					Intervalado					Geral			Geral		
0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%		100%	
0%	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000	0,790	1,000	-	1,000	0,928	1,000	1,000	0,135
25%	1,000	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000	0,235	1,000	
50%	1,000	1,000	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000	0,928	1,000	-	0,527	1,000	
75%	1,000	1,000	1,000	-	1,000	0,790	1,000	1,000	-	1,000	1,000	0,235	0,527	-	1,000	
100%	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	

	Contínuo*Intervalado					
	0%	25%	50%	75%	100%	Geral
	p	0,495	0,922	0,875	0,381	0,399
TE	0,06					
DMD	0,069					

Interação Tempo*Modo	
0,678	

### 8.3.16. Frequência do Sistema

	Estatística Descritiva											
	Contínuo						Intervalado					
	0%	25%	50%	75%	100%	Geral	0%	25%	50%	75%	100%	Geral
Média	3,74	3,63	3,59	3,56	3,57	3,62	3,76	3,69	3,70	3,64	3,63	3,68
Desvio	0,27	0,30	0,28	0,29	0,31	0,29	0,18	0,22	0,26	0,24	0,19	0,22
Mínimo	3,11	2,94	3,00	2,99	2,97	2,94	3,48	3,40	3,34	3,33	3,36	3,33
Máximo	4,21	4,13	4,12	4,13	4,09	4,21	4,01	4,16	4,18	4,09	4,00	4,18

Estatística Inferencial																
Tempo*Tempo																
Contínuo					Intervalado					Geral						
	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%	100%	Geral
0%	-	0,008	<0,001	<0,001	0,048	-	0,069	0,845	0,002	<0,001	-	0,001	0,014	<0,001	<0,001	<0,001
25%	0,008	-	1,000	0,261	1,000	0,069	-	1,000	0,061	0,001	0,001	-	1,000	0,045	0,120	<0,001
50%	<0,001	1,000	-	0,705	1,000	0,845	1,000	-	<0,001	0,023	0,014	1,000	-	<0,001	0,135	<0,001
75%	<0,001	0,261	0,705	-	1,000	0,002	0,061	<0,001	-	1,000	<0,001	0,045	<0,001	-	1,000	<0,001
100%	0,048	1,000	1,000	1,000	-	<0,001	0,001	0,023	1,000	-	<0,001	0,120	0,135	1,000	0,000	<0,001

Contínuo*Intervalado						
	0%	25%	50%	75%	100%	Geral
p	0,448	0,401	0,155	0,282	0,492	0,313
TE	0,25					
DMD	0,051					

Interação	
Tempo*Modo	
0,14	

### 8.3.17. Comprimento de Passo

Estatística Descritiva												
	Contínuo					Geral	Intervalado					Geral
	0%	25%	50%	75%	100%		0%	25%	50%	75%	100%	
Média	1,73	1,67	1,68	1,72	1,74	1,71	1,71	1,66	1,68	1,73	1,68	1,69
Desvio	0,14	0,23	0,24	0,13	0,17	0,05	0,09	0,19	0,16	0,08	0,18	0,05
Mínimo	1,59	1,27	1,19	1,44	1,42	1,19	1,58	1,11	1,26	1,60	1,17	1,11
Máximo	2,07	2,09	2,09	1,90	2,10	2,10	1,85	1,84	1,90	1,85	1,87	1,90

Estatística Inferencial																
Tempo*Tempo																
Contínuo					Intervalado					Geral						
	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%	100%	0%	25%	50%	75%	100%	Geral
0%	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000	0,084	1,000	-	1,000	1,000	1,000	1,000	<0,001
25%	1,000	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000	0,952	1,000	1,000	-	1,000	0,535	1,000	<0,001
50%	1,000	1,000	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000	<0,001
75%	1,000	1,000	1,000	-	1,000	0,084	0,952	1,000	-	1,000	1,000	0,535	1,000	-	1,000	<0,001
100%	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000	1,000	1,000	-	<0,001

Contínuo*Intervalado						
	0%	25%	50%	75%	100%	Geral
p	0,449	0,906	0,994	0,460	0,353	0,728
TE	0,31					
DMD	0,011					

Interação	
Tempo*Modo	
0,666	

### 8.3.18. Energias

	Etot		Eaer		Eana	
	Intervalado	Contínuo	Intervalado	Contínuo	Intervalado	Contínuo
Média	18351,4	6007,0	17487,6	5151,4	863,9	855,7
Desvio Padrão	6869,7	3014,9	6853,3	3030,8	164,4	85,2
p	<0,001		<0,001		0,853	
TE	2,5		2,5		0,1	
DMD	988,5		988,4		25,0	

### 8.3.19. Custos

	Ctot		Caer		Cana	
	Intervalado	Contínuo	Intervalado	Contínuo	Intervalado	Contínuo
Média	5,2	4,1	4,9	3,4	0,3	0,7
Desvio Padrão	0,63	0,42	0,54	0,41	0,13	0,31
p	<0,001		<0,001		<0,001	
TE	2,0		3,1		2,1	
DMD	0,11		0,10		0,04	

## 8.4. Cálculo Amostral

Cálculo amostral realizado no software GPower 3.1.9.2 com referência nas magnitudes de efeito encontradas no estudo de Hayes e Caplan (2014).

[1] -- *Thursday, July 05, 2018 -- 10:20:38*

**F tests** – ANOVA: Repeated measures, within-between interaction

**Analysis:** A priori: Compute required sample size

<b>Input:</b>	Effect size f	=	0.32
	$\alpha$ err prob	=	0.05
	Power (1- $\beta$ err prob)	=	0.95
	Number of groups	=	2
	Number of measurements	=	5
	Corr among rep measures	=	0.5
	Nonsphericity correction $\epsilon$	=	1
<b>Output:</b>	Noncentrality parameter $\lambda$	=	20.4800000
	Critical F	=	2.4989186
	Numerator df	=	4.0000000
	Denominator df	=	72.0000000
	Total sample size	=	20
	Actual power	=	0.9563862