



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA

**Marcos Paulo Bienert Masiero**

**Estratégia de Prova de Corrida de 5km com Inclinações e Sua  
Relação com o Desempenho**

Porto Alegre

2018

**Marcos Paulo Bienert Masiero**

**Estratégia de Prova de Corrida de 5km com Inclinações e Sua  
Relação com o Desempenho**

Monografia apresentada à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso, do Departamento de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do diploma de bacharel em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Alexandre Peyré-Tartaruga

Porto Alegre

2018

**Marcos Paulo Bienert Masiero**

**Estratégia de Prova de Corrida de 5km com Inclinações e Sua  
Relação com o Desempenho**

Conceito final:

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

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Giovani dos Santos Cunha – UFRGS

---

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

## **Agradecimentos**

Um trabalho raramente se faz sozinho, e muito menos se faz com pouco sacrifício, mas há algumas pessoas que possibilitaram que esta monografia fosse escrita da maneira mais confortável possível, e sei que para isso vocês assumiram junto comigo a tarefa de fazer um trabalho que tivesse uma relevância para a nossa área de conhecimento.

Primeiramente tenho de agradecer ao Ms. Onécimo Melo, que cedeu parte dos dados da sua dissertação de mestrado para dar origem a este trabalho. E quando digo “cedeu” não é apenas deixar os dados disponíveis, mas trocar inúmeras mensagens enviando e recebendo arquivos, esclarecendo como foram alguns dos protocolos, corrigindo manuscritos... Muito obrigado pela oportunidade e paciência.

Além disso, outra pessoa que cedeu seu tempo e paciência foi o meu orientador, Leonardo Tartaruga. Permitir que eu continuasse com esse projeto mesmo após eu ter ingressado no mestrado e me comprometido que a pós-graduação seria a minha preferencia reflete uma confiança muito grande no que eu posso fazer. E mais uma vez, não foi só confiança que me foi dado, mas também tempo e dedicação ao ler e complementar esse manuscrito que está sendo lido agora.

Outra pessoa que me apoiou e se sacrificou para que este trabalho tomasse forma foi a minha namorada, Priscila Antunes. Nossas noites na praia foram bem mais monótonas do que o esperado, pois todas elas eram ocupadas com revisão de literatura e estresses por causa de um WiFi que não facilitava o processo. Obrigado por me entender e me ajudar a trabalhar... inclusive nas férias.

Meu colega e companheiro, Edson da Silva, que está nessa correria de escrita junto comigo, tentando vencer os prazos de graduação e pós-graduação, e mesmo assim pode destacar um tempo para ler esse trabalho enquanto este tomava forma, e me dar várias sugestões que melhoraram substancialmente o que é lido hoje.

E por fim, ninguém é sozinho nesse mundo. Obrigado à minha família, e principalmente minha mãe, Margaret Masiero, que mesmo após de minha primeira graduação confiou em mim e me apoiou na continuação dos meus estudos.

Esse trabalho é tanto de vocês quanto meu. Muito obrigado.

## RESUMO

O número de provas e de participantes de provas de corrida tem aumentado nos últimos anos, e aliado a isto vem crescendo o número de eventos com inclinações. Em provas planas normalmente é empregado uma estratégia de prova em U, onde o atleta inicia e termina a prova em velocidade superior à velocidade média, mas pouco se sabe sobre estratégias de prova de corrida com inclinações. Portanto, este estudo procurou investigar qual é a melhor estratégia de prova em terreno inclinado. Para isso foram selecionados 14 atletas do sexo masculino, com experiência em corrida, que realizaram um teste de 5km plano, e pista de atletismo, e 5km inclinado (7%) consistindo em 5 voltas de 500m de subida e 500m de descida. Para avaliar o efeito da estratégia de prova foi utilizado o desempenho relativo (Drel), sendo o coeficiente entre o desempenho em plano horizontal (Dhor) e o desempenho inclinado (Dinc). Além disso, foram avaliados o tempo de subida absoluto (Tsub) e relativo (Tsub%) assim como o tempo de descida absoluto (Tdesc) e relativo (Tdesc%) bem como a frequência cardíaca de subida (FCsub) e descida (FCdesc). Os dados foram correlacionados através da correlação linear de Pearson e comparados através de um teste t independente após dois grupos serem separados em desempenho superior e inferior de Drel. Foram encontradas correlações significativas ( $P < 0,05$ ), entre a Drel e as variáveis Dhor ( $r=-0,445$ ), Dinc ( $r=0,395$ ), Tsub% ( $r=-0,603$ ), Tdesc ( $r=0,592$ ) e Tdesc% ( $r=0,603$ ). As demais variáveis não se relacionaram com a Drel. Foi verificado que não houve diferença estatisticamente significativa entre os estratos de desempenho para todas as variáveis analisadas, entretanto os sujeitos com Drel superior apresentaram um comportamento de velocidade ondulatória, enquanto os sujeitos de Drel inferior mantiveram uma velocidade mais constante. Sendo assim, conclui-se que é importante adotar uma estratégia de realizar as subidas com menor intensidade, visando uma maior velocidade nas descidas, além de mostrar que para atletas com bom desempenho no plano horizontal é mais difícil de manter a velocidade na prova inclinada.

Palavras-chave: Performance, Estratégia, Subida, Descida, Ondulações

## ABSTRACT

The number of running events has increased in recent years, and along with this increased the number of events with slopes. In flat races, a U-test strategy is usually employed, where initial and final phases of the race at speed higher than the average, nevertheless the race strategies at hilly courses remain unknown. Therefore, this study ought to investigate which is the best race strategy on sloping terrain. For this purpose, 14 well-trained male runners were recruited to perform a 5km flat test on a track, and 5km inclined (7%) consisting of 5 laps of 500m of ascent and 500m of descent. In order to evaluate the effect of the test strategy, the relative performance (Drel) was used, being the coefficient between the horizontal plane performance (Dhor) and the inclined performance (Dinc), in addition to the absolute (Tsub) and relative time (Tsub%) as well as the absolute (Tdesc) relative (Tdesc%) time of descent. The heart rate of ascent (FCsub) and descent (FCdesc) were measured too. Data were correlated through Pearson's linear correlation and compared through an independent t-test after the group being separated into superior and inferior Drel performance. Significant correlations were found between Drel and the variables Dhor ( $r = -0.445$ ), Dinc ( $r = 0.395$ ), Tsub% ( $r = -0.603$ ), Tdesc ( $r = 0.592$ ) and Tdesc% ( $r = 0.603$ ). The other variables were not related to Drel. It was verified that there was no statistically significant difference between the performance strata for all variables analyzed. However, subjects with superior Drel presented a variable velocity behavior, while subjects with lower Drel maintained a more constant velocity. Thus, it is concluded that it is important to adopt a strategy of performing the climbs with less intensity, aiming at a greater speed in the descents, besides showing that for athletes with good performance in the horizontal plane it is more difficult to maintain the speed on the slope.

Keywords: Performance, Strategy, Uphill, Downhill, Slopes

## LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CORPA	Clube de Corredores de Porto Alegre
CP	Comprimento de Passada
CPH	Corrida em Plano Horizontal
CPI	Corrida em Plano Inclinado
Dhor	Desempenho em Plano Horizontal
DifFC	Diferença de Frequência Cardíaca entre Subida e Descida
Dinc	Desempenho em Plano Inclinado
Drel	Desempenho Relativo entre o Plano Horizontal e Inclinado
ECO	Economia de Corrida
FCdesc	Frequência Cardíaca de Descida
FCsub	Frequência Cardíaca de Subida
FP	Frequência de Passo
FRS	Forças de Reação do Solo
GPS	Sistema de Posicionamento Global
LV	Segundo Limiar Ventilatório
TC	Tempo de Contato
Tdesc	Tempo de Descida
Tdesc%	Tempo de Descida Relativo
Tsub	Tempo de Subida
Tsub%	Tempo de Subida Relativo
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Vdesc	Velocidade de Descida
V <sub>méd</sub> Inclinado	Velocidade Média no Teste de Desempenho em Plano Inclinado
VO <sub>2máx</sub>	Consumo Máximo de Oxigênio
Vsub	Velocidade de Subida

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização da amostra. ....	24
Tabela 2. Correlações com o Drel e comparação entre os sujeitos com Drel superior e inferior. ....	24

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Velocidade relativa ao $VO_{2max}$ em provas de 800m à maratona. Adaptado de Thompson (1996). .....	17
Figura 2. Trajetos dos testes de desempenho em plano horizontal e inclinado, respectivamente. ....	23
Figura 3. Correlações moderadas entre as variáveis Drel (relação entre o tempo de 5km plano e inclinado), Tsub% (percentual do tempo de subida) e Tdesc (percentual do tempo de descida), Tdesc (tempo de descida). n=14. ....	25
Figura 4. Correlações fracas entre as variáveis Drel (relação entre o tempo de 5km plano e inclinado), Dinc (tempo inclinado) e Dhor (tempo em plano horizontal). n=14. ....	25
Figura 5. Estratégias de prova individuais no teste de desempenho em plano inclinado com velocidades médias de subida ( $V_{sub}$ ) e descida ( $V_{desc}$ ) relativas à velocidade média individual no teste de plano horizontal e gráfico de dispersão de linhas em que cada linha representa um dos sujeitos/grupos do estudo. Área sombreada representa a velocidade média de todos os atletas no teste de plano inclinado. n=14.....	26

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	9
2. OBJETIVOS .....	11
2.1 OBJETIVO GERAL .....	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	11
2.3 HIPÓTESES .....	12
3. APRESENTAÇÃO GERAL DA MONOGRAFIA .....	13
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
4.1 A corrida e sua popularização .....	14
4.2 Fatores determinantes da corrida .....	14
4.3 Aspectos fisiológicos e biomecânicos da inclinação.....	15
4.4 Estratégia de prova.....	16
5. ARTIGO.....	19
5.1 INTRODUÇÃO.....	20
5.2 MÉTODOS.....	21
5.2.1 Participantes.....	21
5.2.2 Desenho experimental .....	21
5.2.3 Análise estatística.....	23
5.3 RESULTADOS.....	24
5.4 DISCUSSÃO.....	26
5.5 CONCLUSÃO .....	30
6. CONCLUSÃO GERAL DA MONOGRAFIA.....	31
7. REFERÊNCIAS .....	32
8. APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) .....	36

## 1. INTRODUÇÃO

A corrida é um esporte que vem ganhando popularidade nos últimos anos, sendo que provas como a maratona de Boston contava com 17.000 participantes nos anos 2000, e hoje são mais de 30.000 inscritos (BOSTON ATHLETIC ASSOCIATION, 2017). Essa preferência pelo esporte pode ser devido a sua simplicidade para a prática. Aliado ao crescimento do esporte, provas de montanha ou com inclinação têm cada vez mais atraído competidores (NIKOLAIDIS; KNECHTLE, 2018) por proporcionar um estímulo diferente de corrida, além de serem uma forma de desafio. Dentre essas provas, ao nível nacional se destaca a *Uphill Marathon* (42km, 1.420m de ganho de elevação), e ao nível internacional a *Comrades Marathon* (87km, 2.133m de ganho de elevação), sendo que esta última contou com 20 mil inscritos na edição de 2017, e considerada o “Santo Graal” das ultramaratonas.

Na corrida em plano horizontal alguns fatores fisiológicos como o consumo máximo de oxigênio, o limiar anaeróbio e a economia de corrida são determinantes do desempenho. Além disso, fatores biomecânicos como tempo de contato e frequência de passada parecem ser importantes para um bom desempenho (SOUZA et al., 2014). A corrida em plano horizontal é bastante estudada pela possibilidade de causar uma melhora na prova e no treinamento de atletas de nível mundial. Por outro lado, na corrida em plano inclinado não são tão claros os fatores determinantes para o sucesso esportivo, pois estudos indicam que o desempenho em plano inclinado não é tão simples de ser explicado, principalmente pela constante mudança da demanda energética e da técnica de corrida empregada durante a corrida (VERNILLO et al., 2015, 2016). Ainda assim, há um certo destaque para variáveis como velocidade de pico, velocidade de segundo limiar ventilatório e tempo de passada para a predição do desempenho em plano inclinado (MELO, 2016).

Há evidências que sugerem que seja mais interessante aumentar o nível de esforço durante as descidas em detrimento da subida, visto que seria a forma de manter a maior velocidade média com o menor trabalho mecânico positivo (MINETTI et al., 2002). Além disso, análises eletromiográficas mostram que a mudança no padrão de ativação das fibras é diferente entre as condições plana

e inclinada, evidenciando que a fadiga causada pela corrida com inclinações é diferente da corrida em plano horizontal, sendo que além disso no plano inclinado há um maior recrutamento do grupo muscular extensor do quadril, gerado pela necessidade de impulsionar o corpo para cima (VERNILLO et al., 2016).

Outra diferença importante está nas forças de reação do solo durante a corrida, que são mais nocivas durante a descida por apresentar maior pico de impacto, além de maiores contrações excêntricas que podem induzir maiores dores musculares tardias no corredor. Dessa forma, o alto impacto gerado nas estruturas corporais do atleta, pode ser um limitante de desempenho. Por outro lado, essas forças são atenuadas durante inclinações positivas, mas a economia de corrida (BALDUCCI et al., 2016) e a velocidade de limiar anaeróbico (TOWNSHEND; WORRINGHAM; STEWART, 2010) são piorados em função do maior trabalho mecânico positivo muscular da musculatura propulsora (GOTTSCHELL; KRAM, 2005). Além disso a percepção subjetiva de esforço parece ser maior em inclinações negativas em intensidades metabólicas moderadas e semelhantes (KOLKHORST; MITTELSTADT; DOLGENER, 1996). Além disso, o aumento da velocidade em inclinações negativas não é o suficiente para manter o consumo de oxigênio em valores semelhantes à corrida em plano horizontal (TOWNSHEND; WORRINGHAM; STEWART, 2010).

Além disso, a própria estratégia empregada durante a prova de corrida pode ser importante para o desempenho. Há evidências de que seria possível uma melhora de 2,5% (HOOGKAMER; KRAM; ARELLANO, 2017) no tempo de uma maratona plana somente com uma melhor utilização de marcadores de ritmo e *drafting*, enquanto dados mostram que normalmente é empregado um *split* negativo neste tipo de prova, o que parece ser a melhor estratégia de prova possível. Estas estratégias são utilizadas em provas de distâncias desde a milha até a maratona olímpica. Nas provas em plano inclinado, pouco se sabe sobre a efetividade de diferentes estratégias possíveis. Sendo assim, este estudo buscou investigar qual a melhor estratégia de prova de corrida em plano inclinado em corredores recreacionais, através da correlação entre o desempenho em plano horizontal e o desempenho em plano inclinado e os tempos necessários para realizar as etapas de descida e subida.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Verificar as relações entre a estratégia de prova e o desempenho de corrida em plano inclinado relativo ao desempenho no plano horizontal.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Correlacionar as variáveis:

- Desempenho de 5km em plano horizontal (Dhor)
- Desempenho de 5km em terreno inclinado (Dinc)
- Desempenho relativo entre Dhor e Dinc (Drel)
- Tempo gasto durante a subida no teste de 5km inclinado (Tsub)
- Percentual do tempo do teste de 5km inclinado gasto na subida (Tsub%)
- Tempo gasto durante a descida no teste de 5km inclinado (Tdesc)
- Percentual do tempo do teste de 5km inclinado gasto na descida (Tdesc%)
- Frequência cardíaca média durante a subida no teste de 5km inclinado (FCsub)
- Frequência cardíaca média durante a descida no teste de 5km inclinado (FCdesc)

Comparar os corredores com um desempenho da Drel superior e inferior quanto as variáveis

- Dhor
- Dinc
- Tsub
- Tdesc
- FCsub
- FCdesc
- Tsub%
- Tdesc%

### **2.3 HIPÓTESES**

- Dhor será relacionado ao Dinc.
- Tsub, Tdesc e Dinc serão relacionados, porém Tdesc será a variável mais fortemente relacionada com Dinc.
- Os corredores com Drel superior terão desempenho também superior no Dhor, Tsub e Tdesc, sem diferença em Tsub% e Tdesc%.
- Os corredores com Dinc superior terão menor diferença entre a FCsub e a FCdesc.
- A estratégia que possibilitará melhor Drel será com maiores velocidades de descida.

### **3. APRESENTAÇÃO GERAL DA MONOGRAFIA**

A presente monografia será apresentada no formato de uma breve revisão de literatura sobre os fatores que podem determinar o desempenho em provas de corrida com inclinação. Esta revisão será seguida de um artigo experimental intitulado “Estratégia de Prova de Corrida de 5km com Inclinações e Sua Relação com o Desempenho” que tem como objetivo verificar o papel da estratégia de prova no desempenho em corrida com inclinações.

## **4. REVISÃO DE LITERATURA**

### **4.1 A corrida e sua popularização**

A corrida tem aumentado muito sua popularidade nos últimos anos. No Brasil, as 50 maiores provas de corrida reuniam 266 mil atletas em 2014, e em 2017 chegou a reunir mais de 308 mil atletas (BALU, 2017). Inclusive em nível mundial, provas como a maratona de Berlim, considerada a mais rápida do mundo, indicava uma participação de 22 mil corredores no ano 2000, e hoje são mais de 47 mil participantes (SCS EVENTS, 2017). Por exemplo, a distância de 5km tem sido a prova de rua que mais tem crescido e é considerada por muitos treinadores como a distância de “iniciação” para o corredor, além de ser uma distância de prova Olímpica. Entre as 50 maiores corridas do Brasil no ano de 2014, dezoito eram de 5km, portanto esta distância representa bem a corrida devido a sua popularidade (BALU, 2014).

Do ponto de vista do fornecimento de energia, a bioenergética da prova de 5.000 m segundo (POWERS; HOWLEY, 2004) (percentagem de cada sistema) temos essa divisão: sistema fosfagênio 2%, glicolítico 28% e 70% oxidativo. Pode-se destacar que corredores de 5.000 m, competem a maior parte do tempo em zonas abaixo do consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ), mas acima do segundo limiar ventilatório (LV), indicando um aumento do consumo de energia aeróbia e  $VO_{2máx}$  em direção ao máximo, ao longo da corrida. A percentagem onde se encontra o LV varia entre corredores, ficando normalmente entre 85 a 95% do  $VO_{2máx}$ .

### **4.2 Fatores determinantes da corrida**

Do ponto de vista fisiológico, os principais determinantes do desempenho de corrida são o  $VO_{2máx}$ , o LV e a economia de corrida (ECO) (JOYNER, 1991; MOORE, 2016).

O  $VO_{2max}$  é a capacidade máxima de integração do organismo de captar, transportar e utilizar o oxigênio para os processos aeróbios de produção de energia, durante a contração muscular (JOYNER, 1991; LUNDBY; MONTERO; JOYNER, 2017). Em indivíduos jovens e aparentemente saudáveis, o  $VO_{2máx}$  varia entre 40 e 50  $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ . Entretanto, estes valores são de 1,5 a 5,0 vezes

maiores para atletas treinados de endurance, enquanto as mulheres atingem entre 70 a 75% do  $VO_{2m\acute{a}x}$  em comparação aos homens (JOYNER, 2017).

Além do  $VO_{2m\acute{a}x}$ , o limiar anaeróbio parece possuir uma importância considerável na predição do rendimento de corredores de longa distância. A intensidade de exercício necessária para obter um aumento considerável na concentração de lactato sanguíneo, tem sido correlacionada de forma mais intensa do que o  $VO_{2m\acute{a}x}$  com o desempenho (BRANDON, 1995; SJÖDIN; SVEDENHAG, 1985). O termo limiar anaeróbio é compreendido como o ponto em que o grau de suplementação de energia ao músculo muda, de uma rota metabólica essencialmente aeróbia, para uma rota metabólica com grande participação anaeróbia.

Do ponto de vista integrativo entre a fisiologia e biomecânica de corrida, a economia de corrida que pode ser definida como o consumo de oxigênio obtido em fase estável em determinada atividade submáxima, é responsável por até 30% do desempenho em provas de fundo (DANIELS et al., 1978; SAUNDERS et al., 2004). Um atleta mais econômico consome menos oxigênio do que outro menos econômico para uma determinada intensidade de esforço.

Entre variáveis que podem alterar a ECO estão a temperatura corporal, o tipo de fibra muscular, o substrato utilizado, o status de treinamento, a técnica de corrida (por exemplo; comprimento de passada (CP), frequência de passada (FP) e tempo de contato (TC), os fatores antropométricos (altura, comprimento de membro inferior), a força de reação do solo e a eficiência neuromuscular (produção de força, rigidez, programação motora e sinalização neural) (BARNES; KILDING, 2015; TARTARUGA et al., 2012).

#### **4.3 Aspectos fisiológicos e biomecânicos da inclinação**

De forma parecida com a corrida em plano horizontal, o  $VO_{2m\acute{a}x}$ , o LV e a ECO parecem ser importantes no desempenho da corrida em inclinação, porém entre as variáveis intervenientes que afetam o desempenho na corrida, os fatores geográficos são os que podem causar as maiores mudanças ao longo da prova. Minetti et al. (2002) sugerem que a corrida em plano inclinado (CPI) aumenta o custo metabólico em comparação a corrida em plano horizontal (CPH). Staab et

al. (1992) afirmam que a estratégia da CPI positiva no chão ou em esteira resultam em modificações significativas em algumas variáveis determinantes: a diminuição do TC, a diminuição do CP e o concomitante aumento da FP, sendo o custo metabólico dependente da FP.

Porém os estudos mais comuns são realizados em esteira rolante. Porém, alguns investigadores têm demonstrado que existem diferenças entre a corrida executada no chão em comparação à executada em esteira rolante no que se refere à técnica de corrida (CP, FP e ângulos cinemáticos) e a eletromiografia das atividades de membros inferiores. Estas diferenças são normalmente atribuídas a vários fatores, entre os quais os deslizamentos da lona da esteira, sendo que a maioria dos estudos são realizados em esteira rolante. (NIGG; DE BOER; FISHER, 1995)

Gosttschall e Kram (2005) investigaram a força de reação do solo (FRS) durante a CPH e CPI (3°, 6° e 9°), em esteira, a uma velocidade de 10,8 km.h<sup>-1</sup>. Esses autores demonstraram que a força de impacto normal foi menor e a força horizontal foi maior na CPI. Dessa forma, pode-se dizer que um fator de grande importância no desempenho na corrida é o fator geográfico. Além disso, CPI causa modificações nas variáveis biomecânicas (CP, TC e FP), aumentando ou diminuindo, conforme o terreno e inclinações positivas ou negativas ao longo do percurso. De forma semelhante a FRS tende a alterar, aumentando conforme o declive ou diminuindo no auge. Dessa forma, a corrida em esteira inclinada, pode promover adaptações de aterrissagem dos pés na lona, diferentes da corrida no solo, local de treino e competição do corredor.

#### **4.4 Estratégia de prova**

Provas de nível internacional costumam ter um início com velocidades elevadas, que tendem a diminuir ao decorrer da prova e voltam a subir na fase final da disputa (THOMPSON, 1996). Esta estratégia parece ser adequada visto que os recordes mundiais costumam ser superados sempre com a utilização desta forma de controle de velocidade (Figura 1).

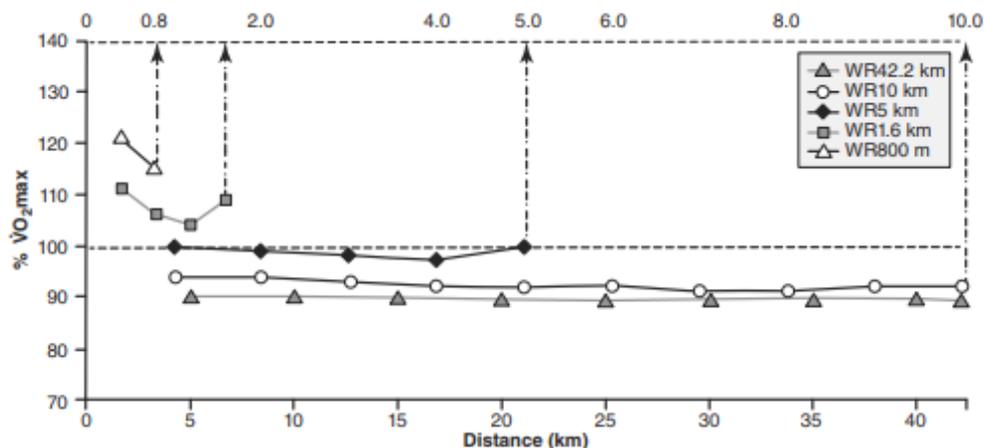


Figura 1. Velocidade relativa ao  $VO_{2max}$  em provas de 800m à maratona. Adaptado de Thompson (1996).

Tucker et al. (2006) analisaram as estratégias utilizadas pelos recordistas mundiais em corridas de diferentes distâncias entre os anos de 1921 e 2004 e observaram predominâncias de estratégias em padrão de U, na maioria dos desempenhos de 32 recordes mundiais, em que o primeiro e o último quilômetro da prova foram os mais rápidos. Um dos possíveis benefícios da estratégia de padrão variável sobre o desempenho estaria relacionado ao menor tempo gasto na fase de aceleração, ou seja, os atletas percorrem os primeiros quilômetros da prova em menor tempo (LIMA-SILVA et al., 2010). Entretanto, estudos comparando provas antigas e atuais mostram que atualmente a estratégia adotada parece não ter tanta variação de velocidade, com os atletas percorrendo a primeira e segunda metade da prova em tempos similares (DÍAZ; FERNÁNDEZ-OZCORTA; SANTOS-CONCEJERO, 2018).

Por outro lado, em provas de nível internacional como as olimpíadas ou campeonatos mundiais, são comuns acelerações durante a prova para forçar a separação dos atletas, de forma que fiquem menos atletas liderando a prova que possam disputar as primeiras colocações na última volta (THIEL et al., 2012). Porém talvez esta não seja a estratégia que resulte em um melhor tempo, mas sim apenas uma melhor colocação relativa aos outros corredores.

Outra forma melhorar o tempo de prova através de estratégia é a utilização do drafting. Pugh (1971) mediu a redução do arrasto em um corredor ao correr atrás de outro atleta a 4,5m/s, e o arrasto foi reduzido em cerca de 93% enquanto o  $VO_2$  submáximo foi reduzido em 6,5%. Provavelmente é este o

motivo de que a maioria das provas de alto nível são realizadas com os atletas permanecendo em uma formação de pelotão durante a maior parte do tempo de prova. Entretanto há autores que defendem que a simples marcação de ritmo seria suficiente para reduzir o custo de corrida e melhorar o desempenho esportivo (HOOGKAMER; KRAM; ARELLANO, 2017).

Porém, em provas com inclinação esta regulação de intensidade é mais complexa visto que a demanda fisiológica na subida e na descida são diferentes. Por um lado, na subida há menor gasto energético para vencer o arrasto, visto que as velocidades costumam ser menores, enquanto há um aumento do trabalho externo necessário para erguer o corpo a cada passada (GOTTSCHALL; KRAM, 2005; ROBERTS, 2005). Porém na descida, há um aumento das forças de reação do solo que podem levar a lesões nos atletas, porém ao menos na caminhada há evidências de que no declive haveria um custo metabólico menor para o aumento da velocidade (MINETTI et al., 2002).

## 5. ARTIGO

### Estratégia de Prova de Corrida de 5km com Inclinações e Sua Relação com o Desempenho

M. Masiero; E. Silva, O. Melo, L. Peyré-Tartaruga

**Resumo:** Em provas planas normalmente é empregado uma estratégia de prova em U, onde o atleta inicia e termina a prova em velocidade superior à velocidade média, mas pouco se sabe sobre estratégias de prova de corrida com inclinações. Portanto, este estudo procurou investigar a qual é a melhor estratégia de prova em terreno inclinado. Para isso foram selecionados 14 atletas do sexo masculino, com experiência em corrida, que realizaram um teste de 5km plano, e pista de atletismo, e 5km inclinado (7%) consistindo em 5 voltas de 500m de subida e 500m de descida. Para avaliar o efeito da estratégia de prova foi utilizado o desempenho relativo (Drel), sendo o coeficiente entre o desempenho em plano horizontal (Dhor) e o desempenho inclinado (Dinc), além de ser avaliados o tempo de subida absoluto (Tsub) e relativo (Tsub%) assim como o tempo de descida absoluto (Tdesc) e relativo (Tdesc%) e a frequência cardíaca de subida (FCsub) e descida (FCdesc). Os dados foram correlacionados através da correlação linear de Pearson e comparados através de um teste t independente após dois grupos serem separados em desempenho superior e inferior de Drel. Foram encontradas correlações significativas entre a Drel e as variáveis Dhor ( $r=-0,445$ ), Dinc ( $r=0,395$ ), Tsub% ( $r=-603$ ), Tdesc ( $r=0,592$ ) e Tdesc% ( $r=0,603$ ). As demais variáveis não se relacionaram com a Drel. Além disso, os atletas com Drel superior apresentaram uma estratégia com velocidade ondulatória, enquanto os sujeitos com Drel inferior tiveram uma velocidade mais constante. Entretanto, foi verificado que não houve diferença estatisticamente significativa entre os estratos de desempenho para todas as variáveis analisadas. Sendo assim, conclui-se que é importante adotar uma estratégia de realizar as subidas com menor intensidade, visando uma maior velocidade nas descidas, além de mostrar que para atletas com bom desempenho no plano horizontal é mais difícil de manter a velocidade na prova inclinada.

**Palavras-chave:** Performance, Estratégia, Subida, Descida, Ondulações

**Abstract:** In flat tests, a U-test strategy is usually employed, where the athlete starts and finishes the race at a speed higher than the average, but little is known about slope race strategies. Therefore, this study ought to investigate which is the best test strategy on sloping terrain. For this purpose, 14 male athletes, with experience in running, were selected to perform a 5km flat test on a track, and 5km inclined (7%) consisting of 5 laps of 500m of ascent and 500m of descent. In order to evaluate the effect of the test strategy, the relative performance (Drel) was used, being the coefficient between the horizontal plane performance (Dhor) and the inclined performance (Dinc), in addition to the absolute (Tsub) and relative time (Tsub%) as well as the absolute (Tdesc) relative (Tdesc%) time of descent. The heart rate of ascent (FCsub) and descent (FCdesc) were measured too. Data were correlated through Pearson's linear correlation and compared through an independent t-test after the group being separated into superior and inferior Drel performance. Significant correlations were found between Drel and the variables Dhor ( $r = -0.445$ ), Dinc ( $r = 0,395$ ), Tsub% ( $r = -603$ ), Tdesc ( $r = 0.592$ ) and Tdesc% ( $r = 0.603$ ). In addition, athletes with superior Drel presented a strategy with undulated velocity, while subjects with lower Drel had a more constant velocity. However the other variables were not related to Drel. It was verified that there was no statistically significant difference between the performance strata for all variables analyzed. Thus, it is concluded that it is important to adopt a strategy of performing the climbs with less intensity, aiming at a greater speed in the descents, besides showing that for athletes with good performance in the horizontal plane it is more difficult to maintain the speed on the slope.

**Keywords:** Performance, Strategy, Uphill, Downhill, Slopes

## 5.1 INTRODUÇÃO

A corrida é um esporte que vem ganhando popularidade nos últimos anos devido a sua simplicidade para a prática. Junto com o crescimento do esporte algumas provas de montanha ou com inclinação têm cada vez mais atraído competidores por proporcionar um estímulo diferente de corrida. Dentre essas provas, a nível nacional se destaca a Uphill Marathon (42km, 1420m de ganho de altimetria), e a nível internacional a Comrades Marathon (87km, 2133m de ganho de altimetria), sendo que esta última contou com 20 mil inscritos na edição de 2017.

Na corrida em plano horizontal alguns fatores fisiológicos como o consumo máximo de oxigênio, o limiar anaeróbio e a economia de corrida se destacam como forma de explicar o desempenho, assim como na biomecânica fatores como tempo de contato e frequência de passada parecem ser importantes para uma boa performance (RIBEIRO; OLIVEIRA, 1980; SOUZA et al., 2011, 2014). Entretanto na corrida em plano inclinado não são tão claros os fatores determinantes para o sucesso esportivo, visto que a alteração da demanda energética e mecânica de corrida ocasionada pela mudança de inclinação torna a corrida menos constante. Ainda assim, há um certo destaque para variáveis como velocidade de pico, velocidade de segundo limiar ventilatório e tempo de passada para a predição do desempenho em plano inclinado (MELO, 2016).

Outro fator que pode influenciar o desempenho é a própria estratégia empregada durante a prova de corrida. Há evidências de que seria possível uma melhora de 2,5% no tempo de uma maratona plana somente com uma melhor utilização de marcadores de ritmo e *drafting* (HOOGKAMER; KRAM; ARELLANO, 2017), enquanto dados mostram que normalmente é empregado um *split* negativo neste tipo de prova, o que parece ser a melhor estratégia de prova possível (HANLEY, 2016). Por outro lado, em provas em plano inclinado pouco se sabe sobre a efetividade de diferentes estratégias possíveis, embora estudos sugiram que seja mais interessante aumentar o nível de esforço durante as descidas em detrimento da subida (MINETTI et al., 2002) com o intuito de utilizar melhor contrações excêntricas na descida. Porém ao executar a descida

de forma mais rápida há uma possibilidade de aumento exacerbado de forças de reação do solo, assim como dificuldade de coordenação em altas velocidades. Sendo assim, este estudo buscou investigar qual a melhor estratégia de prova de corrida em plano inclinado em corredores recreacionais.

## **5.2 MÉTODOS**

### **5.2.1 Participantes**

Este estudo faz parte de um grande projeto de pesquisa que visa elucidar os fatores que influenciam o desempenho em plano inclinado. Para este estudo a amostra foi recrutada de forma intencional, sendo composta de 14 indivíduos ativos (12 corredores e 2 triatletas), selecionados por voluntariedade. Os corredores foram selecionados tendo como base o desempenho em provas de 5km em um plano horizontal, com o desempenho entre 16,0 e 27,5 minutos, a partir dos tempos oficiais de provas organizadas ou reconhecidas pelo Clube de Corredores de Porto Alegre – CORPA.

Todos os atletas foram convidados por meio de comunicação oral para participação na pesquisa. Os voluntários compareceram em datas e horários pré-estabelecidos para os testes de desempenho e coleta das variáveis antropométricas. Antes da primeira sessão todos os indivíduos leram e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, no qual constava todas as informações pertinentes ao estudo (APÊNDICE A), aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CEP-UFRGS), registrado com o número 2007716.

### **5.2.2 Desenho experimental**

Para este estudo os participantes foram avaliados em três sessões de testes; sessão um: assinatura do termo de consentimento e avaliação de composição corporal; sessão dois: testes de desempenho plano; e sessão três: teste de desempenho inclinado em 7%.

Sessão um - depois de assinado o termo de consentimento, foram coletadas as dobras cutâneas. Foi usado um compasso cutâneo marca CESCORF (Porto Alegre, Brasil) científico com resolução de 1mm; uma fita

métrica (SANNY, São Paulo, Brasil) de 1,5m de comprimento e resolução de 1 mm; uma balança eletrônica, modelo OS-180 (URANO, Canoas, Brasil) e um estadiômetro de parede, modelo OS-180 (URANO, Canoas, Brasil), com resolução de 1 milímetro (mm). Para o cálculo de percentual de gordura foi usado as equações de Jackson e Pollock (1978) e Siri (1961).

Sessão dois - Para aquisição dos valores de Dhor (tempo de prova em plano horizontal) os testes de desempenho no plano horizontal foram realizados em uma pista de atletismo. O corredor era orientado a iniciar o aquecimento, sendo a sua escolha a distância ou o tempo de duração. O percurso consistia de 12,5 voltas no percurso (Figura 2), tendo de ser realizado no menor tempo possível. Durante o teste foi oferecido água antes de começar o teste, no segundo e quarto quilômetro, assim como no fim do teste.

Sessão três, para obtenção dos valores de Dinc (tempo de desempenho em plano inclinado), Tsub (tempo de subida), FCSub (frequência cardíaca de subida), Tdesc (tempo de descida), FCDesc (frequência cardíaca de descida) foram realizados os testes de desempenho no plano inclinado. Para isso foi utilizado o logradouro do lado direito, na calçada. O corredor era orientado a iniciar o aquecimento, sendo a sua escolha a intensidade e duração. O percurso de teste consistia de 5 voltas no percurso (500m subindo e 500m descendo, com inclinação média de 7%), que deveriam ser realizadas no menor tempo possível (Figura 2).

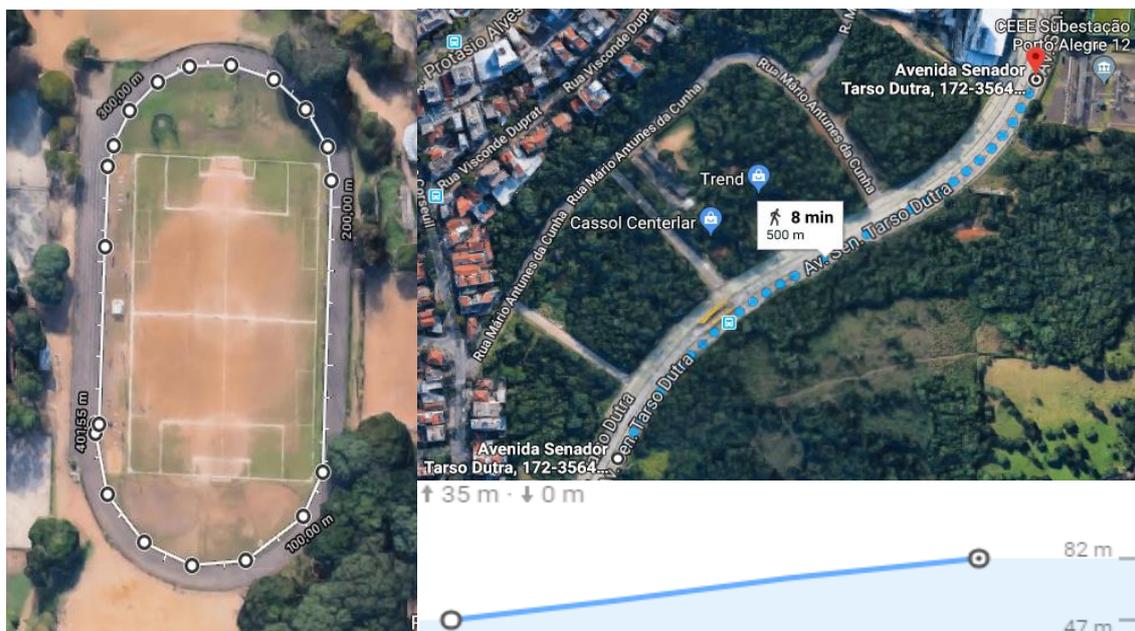


Figura 2. Trajetos dos testes de desempenho em plano horizontal e inclinado, respectivamente.

Antes dos testes de desempenho de corrida era colocado no peito do corredor um frequencímetro com sistema de posicionamento global (GPS) Garmin 620 (Garmin, Olathe, Estados Unidos). Durante o teste foi oferecido água antes do início, no segundo e quarto quilometro, e no fim do teste. Por fim, foi calculada a variável Drel, sendo este o quociente entre Dinc e Dhor, que representa a proporção entre o tempo do atleta no plano inclinado e o seu tempo em um plano horizontal.

### 5.2.3 Análise estatística

Os dados são apresentados em média e desvio padrão. Primeiramente foi utilizado para o teste de normalidade de Shapiro Wilk. Como todas as variáveis apresentaram uma distribuição normal, utilizamos o teste de Correlação Linear de Pearson. Estes testes de correlação foram realizados entre todas as variáveis deste estudo, a fim de verificar a possível associação entre esses parâmetros. Os coeficientes de correlação foram considerados muito forte ( $>0,9$ ), forte ( $<0,9$  e  $>0,7$ ), moderado ( $<0,7$  e  $>0,5$ ), fraco ( $<0,5$  e  $>0,3$ ) e desprezíveis ( $<0,3$ ) conforme proposto por Cohen (1988). Após isso a amostra foi dividida em dois grupos levando em conta a variável Drel, formando os grupos de performance superior e inferior. Foi verificada a diferença entre as médias dos grupos para as variáveis citadas através de um teste t para amostras

independentes. Foi adotado  $\alpha=0,05$ . Os testes estatísticos foram realizados no software SPSS versão 20.0 (IBM, Chicago, Estados Unidos).

### 5.3 RESULTADOS

Os resultados de caracterização das amostras estão descritos na tabela 1.

*Tabela 1. Caracterização da amostra.*

	Idade (Anos)	Massa Corporal (Kg)	Estatura (m)	Percentual de Gordura	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	Dhor (min)
Todos (n=14)	27,2±7,15	77,6±7,91	1,8±0,04	8,8±2,72	24,8±2,15	21,9±2,07
Superior (n=7)	28,9±7,99	82,1±7,67	1,8±0,04	9,5±2,42	25,9±1,93	22,9±1,70
Inferior (n=7)	25,6±6,37	73,2±5,50	1,8±0,04	8,0±3,00	23,7±1,84	20,9±1,98

Os resultados da correlação de Pearson entre as variáveis e a Drel, assim como a comparação entre os sujeitos de Drel superior inferior são apresentados na tabela 2.

*Tabela 2. Correlações com o Drel e comparação entre os sujeitos com Drel superior e inferior.*

	Todos (n=14)	r	p**	Superior (n=7)	Inferior (n=7)	p***
Dhor (min)	21,9±2,1	-0,445	0,111	22,9±1,7	20,9±2,0	0,061
Dinc (min)	25,1±2,3	0,395	0,163	24,9±1,7	25,3±2,9	0,730
Drel	115,0%±8,9%	-	-	108,6%±4,6%	121,3%±7,5%	0,002*
Tsub (min)	13,6±1,2	-0,043	0,884	14,0±1,2	13,2±1,2	0,249
Tsub%	54,2%±3,3%	-0,603	0,022*	56,2%±2,4%	52,3%±3,1%	0,024*
FCsub (BPM)	179,4±9,2	0,137	0,639	178,5±9,8	180,3±9,2	0,730
Tdesc (min)	11,5±1,6	0,592	0,026*	10,9±0,9	12,1±2,0	0,168
Tdesc%	45,8%±3,3%	0,603	0,022*	43,8%±2,4%	47,7%±3,1%	0,024*
FCdesc (BPM)	180,1±9,6	0,029	0,921	179,1±9,8	181,1±10,0	0,720
DifFC (BPM)	-0,7±5,5	0,180	0,539	-0,6±2,3	-0,7±7,7	0,963

Dhor – Desempenho em plano horizontal; Dinc – Desempenho em plano inclinado; Drel – Desempenho relativo entre plano horizontal e inclinado; Tsub – tempo de subida; Tsub% - tempo de subida relativo; FCsub – frequência cardíaca de subida; Tdesc – tempo de descida; Tdesc% - tempo de descida relativo; FCdesc – frequência cardíaca de descida; DifFC – diferença de frequência cardíaca entre a subida e a descida. \* representa significância estatística; \*\* probabilidade relativa a correlação linear de Pearson; \*\*\* probabilidade relativa ao teste t de Student.

As correlações encontradas que não são consideradas desprezíveis são detalhadas nas figuras 3 e 4.

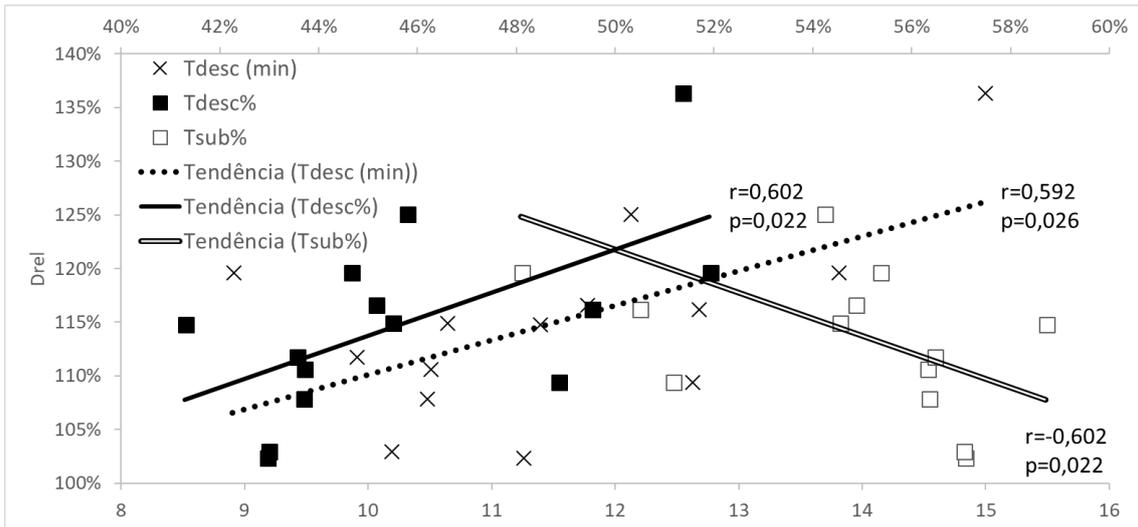


Figura 3. Correlações moderadas entre as variáveis Drel (relação entre o tempo de 5km plano e inclinado), Tsub% (percentual do tempo de subida) e Tdesc (percentual do tempo de descida), Tdesc (tempo de descida).  $n=14$ .

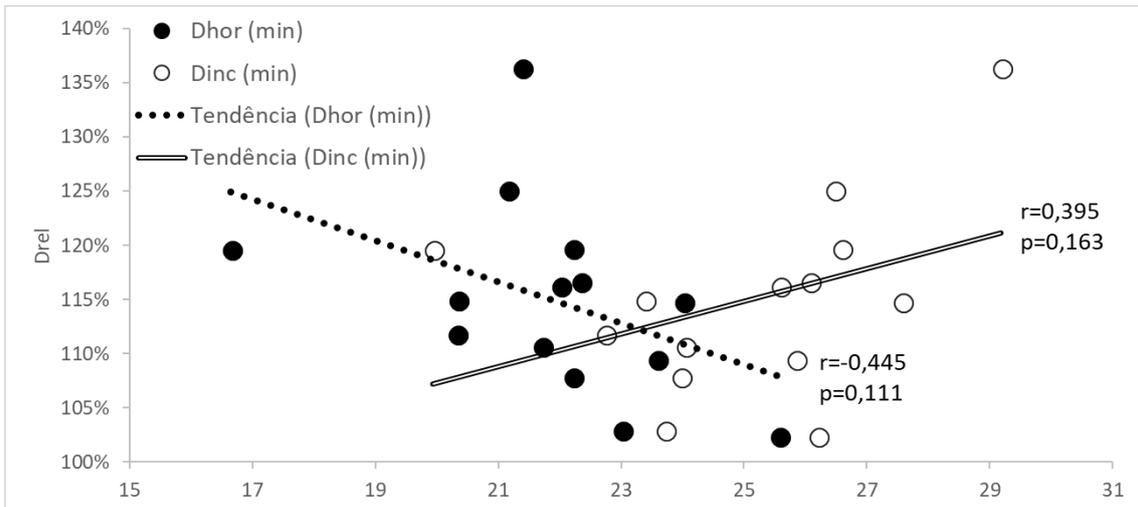


Figura 4. Correlações fracas entre as variáveis Drel (relação entre o tempo de 5km plano e inclinado), Dinc (tempo inclinado) e Dhor (tempo em plano horizontal).  $n=14$ .

Por fim, na figura 5 encontra-se a estratégia individual no teste de desempenho em plano individual de forma unificada ao Drel assim como a velocidade média de cada grupo na subida e na descida em contraste com a velocidade média de todos os corredores no desempenho em plano inclinado.

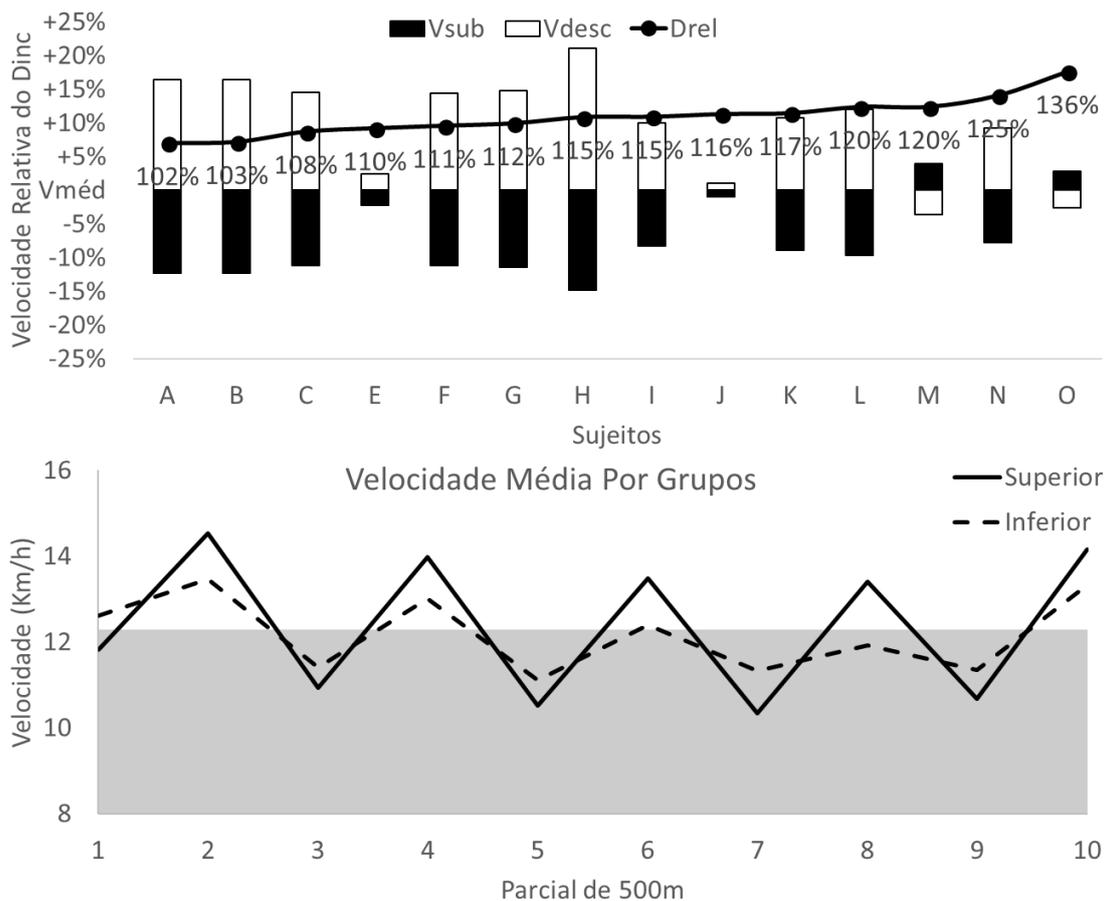


Figura 5. Estratégias de prova individuais no teste de desempenho em plano inclinado com velocidades médias de subida ( $V_{sub}$ ) e descida ( $V_{desc}$ ) relativas à velocidade média individual no teste de plano horizontal ( $V_{méd}$ ) e gráfico de dispersão de linhas em que cada linha representa um dos sujeitos/grupos do estudo. Área sombreada representa a velocidade média de todos os atletas no teste de plano inclinado.  $n=14$ .

## 5.4 DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi verificar as relações entre a estratégia de prova e o desempenho de corrida em ondulação relativo ao desempenho no plano e, portanto, os principais achados foi a forte correlação do  $T_{desc}$  em valores absolutos ou relativos com o  $D_{rel}$ . Além disso, foi encontrada uma correlação negativa entre o  $D_{rel}$  e o  $T_{sub}$ .

Outro importante achado foi o comportamento verificado na figura 5, em que podemos ver que os indivíduos com  $D_{rel}$  superior adotam um padrão com maior variação da velocidade, com descidas mais lentas e subidas mais rápidas, enquanto os sujeitos com  $D_{rel}$  inferior adotam um comportamento mais achatado, sem tantas variações de velocidade. Esta estratégia com velocidade

ondulatória corrobora com as hipóteses iniciais e estudos sobre custo energético na corrida (MINETTI et al., 2002), que demonstram que seria mais econômico imprimir altas velocidades na descida em detrimento da subida.

Além disso, esta estratégia pode facilitar com que o sujeito corra com uma potência metabólica mais estável, fazendo com que ele gere mais trabalho com uma menor acidose láctica (JOYNER, 1991; THOMPSON, 1996), possibilitando assim um desempenho melhor. Resultados similares foram encontrados por Townshend et al. (2010), onde os sujeitos que mantinham maiores velocidades nas descidas e consumo de oxigênio mais estável obtiveram resultados melhores em um teste com trechos planos, subidas e descidas.

Sobre a estratégia de prova também podemos verificar que para todos os atletas há uma tendência de início com velocidade alta, com diminuição da velocidade até a última volta, ou último quilometro, onde a velocidade volta a aumentar até o final do teste. Esta estratégia é semelhante à adotada em atletas de elite ao correrem 5km em plano horizontal (THOMPSON, 1996), sendo assim, a estratégia pode ser considerada semelhante no plano horizontal e inclinado, salvo ajustes de velocidade relativos à inclinação.

Em virtude desses dados podemos verificar que a estratégia de prova que obteve mais sucesso foi imprimir uma intensidade mais leve durante a subida para poder realizar uma descida em maior intensidade. Este achado corrobora com estudos que chegaram à conclusão de que é mais energeticamente econômico aumentar a velocidade de deslocamento em inclinações negativas do que positivas (MINETTI et al., 2002). Porém, é importante considerar que o estudo citado anteriormente, também analisou o desempenho da caminhada além da corrida, além de utilizar inclinações maiores que o presente estudo, o que pode alterar os resultados devido a especificidade da forma de deslocamento realizada.

Existem fatores que dificultam o aumento da velocidade de corrida em inclinação negativa. Primeiramente, há um aumento significativo nas FRS, o que é um fator determinante no surgimento de lesões por esforços repetitivos (BUENO et al., 2018; RAMSKOV et al., 2018; VIDEBAEK et al., 2015). É possível que os atletas que não foram tão velozes na descida tenham realizado tais velocidades menores como forma de autoproteção, visto que este tipo de lesão

é prevalente em corredores. Além disso, na descida a velocidade tende a ser relativamente alta, o que pode tornar o corredor menos econômico, além de poder haver um limite coordenativo para a velocidade com que os corredores analisados poderiam realizar a descida (GOJANOVIC et al., 2015; TILLAAR; GAMBLE, 2018).

Um resultado inesperado foi a correlação negativa entre o  $D_{rel}$  e o  $T_{sub}$ . Naturalmente, é de se esperar que quanto mais rápido for a subida menor será o tempo total de prova inclinada. Entretanto, os corredores que realizaram a subida em uma intensidade muito alta podem ter iniciado a descida com níveis muito elevados de fadiga, o que gerava uma supercompensação no início desta parte da prova, fazendo com que o tempo ganho na subida fosse desperdiçado.

De qualquer forma, a subida em uma prova com ondulações continua sendo importante, principalmente por ser mais relacionado com fatores fisiológicos e, portanto, com uma base teórica mais sólida para ser baseado o treinamento (SLOTH et al., 2013; WILLIAMS et al., 2017). Apenas do ponto de vista estratégico, seria interessante que o atleta economizasse energia no momento da subida de forma a iniciar a descida com a melhor mecânica possível e então ter a possibilidade de melhorar seu tempo em declive visto que durante a descida os corredores irão trabalhar com uma eficiência mecânica melhor em relação a subida (CAVAGNA; KANEKO, 1977). Porém, no presente estudo foi verificada uma baixa  $D_{ifc}$  em ambos os estratos de atletas, o que nos leva a crer que ao menos do ponto de vista metabólico, a demanda energética era semelhante tanto na subida quanto na descida. É possível que os atletas de desempenho superior tenham um melhor  $T_{desc}$  e  $T_{desc}\%$  por estarem mais adaptados a descidas, e não por estarem apenas mais motivados, ou não tenham se esforçado ao máximo nas subidas, evidenciando uma especificidade no treinamento destes que por sua vez os tornaria mais velozes na descida (PIERRYNOWSKI; TUDUS; PLYLEY, 1987).

Deve-se ter em mente o efeito que os achados do presente estudo podem ter no treinamento desta população de corredores. Se o objetivo for melhorar ao máximo o desempenho em declive seria interessante realizar as sessões de treinamento neste terreno, de forma a ter estímulos específicos para este tipo de prova e promover adaptações específicas a prova que será realizada. Além

disso, estudos indicam que melhoras na economia de corrida podem ter impactos maiores no custo de transporte durante a descida quando comparado com a melhora na subida (MINETTI et al., 2002) o que reforça a necessidade de treinamento específico em declives. Entretanto, o aumento excessivo das FRS tendem a tornar o atleta muito propenso ao aparecimento de novas lesões (BUENO et al., 2018; RAMSKOV et al., 2018). Todavia o treinamento específico para a melhora do tempo em aclave pode ser realizado sem maiores problemas, uma vez que as FRS são diminuídas no aclave, e esta etapa parece estar relacionada mais intimamente com determinantes fisiológicos como o  $VO_{2máx}$ , LV e ECO (GOTTSCHELL; KRAM, 2005; JOYNER, 1991; MOOSES et al., 2015).

A correlação encontrada entre o Drel e o Dinc mostra que o coeficiente entre o Dhor e Dinc realmente reflete em um melhor desempenho em termos relativos. Além disso, esta variável serve como uma normalização para retirar a influência do nível de treinamento dos atletas, pois é de se esperar que os atletas mais rápidos no plano também teriam um desempenho superior no inclinado. Sendo assim, a análise através do desempenho relativo possibilita comparar de forma mais direta a estratégia de prova, sem a interferência do nível de treinamento de cada indivíduo.

Outro fato observado foi a correlação negativa entre o Dhor e o Drel. De certa forma, isso pode representar uma dificuldade maior de manter a velocidade com inclinações para os atletas que são mais rápidos. Isto justificaria a Drel inferior à média do sujeito que obteve o melhor Dhor e Dinc, visto que mesmo empregando a estratégia ondulatório ele não conseguiu atingir uma Drel maior que a média. Isto pode acontecer pois a velocidade na descida deve ser muito maior às velocidades de treino, o que causa maiores FRS e uma necessidade maior de manter a técnica de corrida em velocidades altas (GOJANOVIC et al., 2015; TILLAAR; GAMBLE, 2018). Além disso, estudos mostram que na subida a demanda energética aumenta mais rapidamente com a velocidade em comparação com a corrida em plano horizontal, o que dificulta ainda mais que os atletas rápidos no plano horizontal tenham um bom desempenho no plano inclinado (DEWOLF; PEÑAILILLO; WILLEMS, 2016; VERNILLO et al., 2016).

Outro achado foi a inexistência de diferenças estatisticamente significativas entre os grupos com desempenho superior e inferior de Drel para

a maioria das variáveis analisadas. Isto nos mostra que os grupos eram semelhantes entre si, além de que a variabilidade era proporcionalmente alta dentro dos grupos. Isto aumenta a confiabilidade nos testes de correlação, sendo que atletas semelhantes foram comparados entre si, com uma faixa de desempenho bastante amplas. Entretanto, os resultados e inferências realizados através deste estudo não devem ser extrapolados para atletas mais rápidos ou mais lentos do que os analisados, pois o estímulo de prova seria bastante diferente e os resultados poderiam divergir (COHEN, 1988).

Cabe ressaltar entre as limitações do presente estudo o baixo  $n$  amostral, que caso fosse maior poderia aumentar a força das correlações, assim como aumentar a possibilidade de ser verificada uma diferença entre os grupos de estrato superior e inferior de Drel (FIELD, 2013). Além disso, seria interessante replicar este estudo com atletas de nível competitivo, além de comparar as estratégias adotadas entre atletas que disputam provas tipicamente planas, como corredores de rua e de pista, com a estratégia adotada por corredores de provas onduladas, como corredores de montanha, de trilha e ultramaratonistas.

Entretanto, mesmo com as presentes limitações, este estudo joga luz sobre a questão estratégica da corrida em plano inclinado. A partir dos dados aqui apresentados pode-se questionar as práticas de treino e a importância de realizar parte das sessões de treinamento em descidas, assim como adotar uma estratégia mais agressiva na descida de provas onduladas.

## **5.5 CONCLUSÃO**

Com o presente estudo conclui-se que a estratégia com melhores resultados na corrida em plano inclinado foi executar as subidas em um ritmo menos intenso e então realizar as descidas no menor tempo possível. Além disso, percebemos que para atletas com desempenho em plano melhor, há uma dificuldade maior de manter um desempenho relativo bom em virtude da dificuldade de manter a potência metabólica e a velocidade alta durante a corrida com inclinação.

## **6. CONCLUSÃO GERAL DA MONOGRAFIA**

Em virtude das diferenças principalmente biomecânicas da corrida em plano inclinado a estratégia de corrida em plano horizontal não se aplicam no plano inclinado. Sendo assim, é interessante realizar estudos mais aprofundados relacionando estratégias de prova com o plano inclinado. Entretanto, é possível ressaltar a importância da descida em provas em plano inclinado para o desempenho, assim como a dificuldade de realizar um desempenho relativamente bom com aclives e declives uma vez que o desempenho em plano horizontal é de maior nível.

## 7. REFERÊNCIAS

- BALDUCCI, P. et al. Comparison of Level and Graded Treadmill Tests to Evaluate Endurance Mountain Runners. [s. l.], n. February, p. 239–246, 2016.
- BALU, D. **As 50 Maiores Corridas de Rua do Brasil em 2014 | Blog Recorrido**. 2014. Disponível em: <<https://blogrecorrido.com/2014/12/16/as-50-maiores-corridas-de-rua-do-brasil-em-2014/>>. Acesso em: 10 abr. 2018.
- BALU, D. **RAIO-X DAS 50 MAIORES PROVAS DO BRASIL EM 2016 by Danilo Balu - Infogram**. 2017. Disponível em: <<https://infogram.com/raio-x-das-50-maiores-provas-do-brasil-em-2016-1gdx3pwk0wrrpgr>>. Acesso em: 10 abr. 2018.
- BARNES, K. R.; KILDING, A. E. Running economy: measurement, norms, and determining factors. **Sports Medicine - Open**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 8, 2015.
- BOSTON ATHLETIC ASSOCIATION. **Boston Marathon Participation**. 2017. Disponível em: <<http://www.baa.org/races/boston-marathon/boston-marathon-history/participation.aspx>>. Acesso em: 10 abr. 2018.
- BRANDON, L. J. Physiological factors associated with middle distance running performance. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, [s. l.], v. 19, n. 4, p. 268–77, 1995.
- BUENO, A. M. et al. Injury prevalence across sports: a descriptive analysis on a representative sample of the Danish population. **Injury Epidemiology**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 6, 2018.
- CAVAGNA, G. A.; KANEKO, M. Mechanical work and efficiency in level walking in running. **Journal of Physiology**, [s. l.], v. 268, p. 15, 1977.
- COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. [s.l.] : L. Erlbaum Associates, 1988.
- DANIELS, J. et al. Differences and changes in VO<sub>2</sub> among young runners 10 to 18 years of age. **Medicine and science in sports**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 200–3, 1978.
- DEWOLF, A. H.; PEÑAILILLO, L. E.; WILLEMS, P. A. The rebound of the body during uphill and downhill running at different speeds. **The Journal of Experimental Biology**, [s. l.], n. May, p. jeb.142976, 2016.
- DÍAZ, J. J.; FERNÁNDEZ-OZCORTA, E. J.; SANTOS-CONCEJERO, J. The influence of pacing strategy on marathon world records. **European Journal of Sport Science**, [s. l.], p. 1–6, 2018.
- FIELD, A. **Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics**. 4. ed. [s.l.] : SAGE Publications Inc., 2013.
- GOJANOVIC, B. et al. Overspeed HIIT in Lower-Body Positive Pressure Treadmill Improves Running Performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [s. l.], v. 47, n. 12, p. 2571–2578, 2015.
- GOTTSCHALL, J. S.; KRAM, R. Ground reaction forces during downhill and uphill running. **Journal of Biomechanics**, [s. l.], v. 38, n. 3, p. 445–452, 2005.

- HANLEY, B. Pacing, packing and sex-based differences in Olympic and IAAF World Championship marathons. **Journal of Sports Sciences**, [s. l.], v. 34, n. 17, p. 1675–1681, 2016.
- HOOGKAMER, W.; KRAM, R.; ARELLANO, C. J. How Biomechanical Improvements in Running Economy Could Break the 2-hour Marathon Barrier. **Sports Medicine**, [s. l.], p. 1–12, 2017.
- JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **British Journal of Nutrition**, [s. l.], v. 40, n. 03, p. 497, 1978.
- JOYNER, M. J. Modeling: optimal marathon performance on the basis of physiological factors. **Journal of Applied Physiology**, [s. l.], v. 70, n. 2, p. 683–687, 1991.
- JOYNER, M. J. Physiological limits to endurance exercise performance: influence of sex. **The Journal of Physiology**, [s. l.], v. 595, n. 9, p. 2949–2954, 2017.
- KOLKHORST, F. W.; MITTELSTADT, S. W.; DOLGENER, F. A. Perceived exertion and blood lactate concentration during graded treadmill running. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, [s. l.], v. 72, n. 3, p. 272–277, 1996.
- LIMA-SILVA, A. E. et al. Effect of performance level on pacing strategy during a 10-km running race. **European Journal of Applied Physiology**, [s. l.], v. 108, n. 5, p. 1045–1053, 2010.
- LUNDBY, C.; MONTERO, D.; JOYNER, M. Biology of  $VO_2$  max: looking under the physiology lamp. **Acta Physiologica**, [s. l.], v. 220, n. 2, p. 218–228, 2017.
- MELO, O. U. M. **Determinantes fisiológicos e biomecânicos do desempenho de corrida no plano inclinado em corredores recreacionais**. 2016. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [s. l.], 2016.
- MINETTI, A. E. et al. Energy cost of walking and running at extreme uphill and downhill slopes. **Journal of Applied Physiology**, [s. l.], v. 93, n. 3, p. 1039–1046, 2002.
- MOORE, I. S. Is there an economical running technique? A review of modifiable biomechanical factors affecting running economy. **Sports Medicine**, [s. l.], v. 46, n. 6, p. 15, 2016.
- MOOSES, M. et al. Dissociation between running economy and running performance in elite Kenyan distance runners. **Journal of Sports Sciences**, [s. l.], v. 33, n. 2, p. 136–144, 2015.
- NIGG, B. M.; DE BOER, R. W.; FISHER, V. A kinematic comparison of overground and treadmill running. **Medicine and science in sports and exercise**, [s. l.], v. 27, n. 1, p. 98–105, 1995.
- NIKOLAIDIS, P. T.; KNECHTLE, B. Performance in 100-km ultra-marathoners – At which age it reaches its peak? **Journal of Strength and Conditioning Research**, [s. l.], p. 1, 2018.
- PIERRYNOWSKI, M. R.; TUDUS, P. M.; PLYLEY, M. J. Effects of downhill or uphill training prior to downhill run. [s. l.], p. 668–672, 1987.

- POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. **Fisiologia do Exercício: teoria e aplicação do condicionamento ao desempenho**. Barueri, SP: Editora Manole, 2004.
- PUGH, L. G. The influence of wind resistance in running and walking and the mechanical efficiency of work against horizontal or vertical forces. **The Journal of physiology**, [s. l.], v. 213, n. 2, p. 255–76, 1971.
- RAMSKOV, D. et al. Run Clever – No difference in risk of injury when comparing progression in running volume and running intensity in recreational runners: A randomised trial. **BMJ Open Sport & Exercise Medicine**, [s. l.], v. 4, n. 1, p. e000333, 2018.
- RIBEIRO, B.; OLIVEIRA, R. VO<sub>2</sub> máx estimado e sua velocidade correspondente predizem o desempenho de corredores amadores. [s. l.], p. 192–201, 1980.
- ROBERTS, T. J. Sources of mechanical power for uphill running in humans. **Journal of Experimental Biology**, [s. l.], v. 208, n. 10, p. 1963–1970, 2005.
- SAUNDERS, P. U. et al. Factors affecting running economy in trained distance runners. **Sports Medicine (Auckland, N.Z.)**, [s. l.], v. 34, n. 7, p. 21, 2004.
- SCS EVENTS. **Statistics - BMW Berlin Marathon**. 2017. Disponível em: <<https://www.bmw-berlin-marathon.com/en/facts-and-figures/statistics-and-history/>>. Acesso em: 10 abr. 2018.
- SIRI, W. E. **Body composition from fluids spaces and density: analyses of methods**. In: **Techniques for measuring body composition**. Washington, DC: National Academy of Science and Natural Resource Council, 1961.
- SJÖDIN, B.; SVEDENHAG, J. Applied physiology of marathon running. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, [s. l.], v. 2, n. 2, p. 83–99, 1985.
- SLOTH, M. et al. Effects of sprint interval training on VO<sub>2max</sub> and aerobic exercise performance: A systematic review and meta-analysis. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, [s. l.], v. 23, n. 6, p. e341–e352, 2013.
- SOUZA, K. M. De et al. Variáveis fisiológicas e neuromusculares associadas com a performance aeróbia em corredores de endurance: efeitos da distância da prova. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, [s. l.], v. 17, n. 1, p. 40–44, 2011.
- SOUZA, K. M. De et al. Predição da performance de corredores de endurance por meio de testes de laboratório e pista. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, [s. l.], v. 16, n. 4, p. 465, 2014.
- STAAB, J. S.; AGNEW, J. W.; SICONOLFI, S. F. Metabolic and performance responses to uphill and downhill running in distance runners. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [s. l.], v. 24, n. 1, p. 124–127, 1992.
- TARTARUGA, M. P. et al. The Relationship Between Running Economy and Biomechanical Variables in Distance Runners. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, [s. l.], v. 83, n. 3, p. 367–375, 2012.
- THIEL, C. et al. Pacing in Olympic track races: Competitive tactics versus best performance strategy. **Journal of Sports Sciences**, [s. l.], v. 30, n. 11, p. 1107–1115,

2012.

THOMPSON, K. **Pacing: Individual Strategies for Optimal Performance**. Champaign, IL: Human Kinetics, 1996.

TILLAAR, R. Van Den; GAMBLE, P. Comparison of step-by-step kinematics of resisted, assisted and unloaded 20-m sprint runs. **Sports Biomechanics**, [s. l.], p. 1–14, 2018.

TOWNSHEND, A. D.; WORRINGHAM, C. J.; STEWART, I. B. Spontaneous Pacing during Overground Hill Running. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [s. l.], v. 42, n. 1, p. 160–169, 2010.

TUCKER, R.; LAMBERT, M. I.; NOAKES, T. D. An analysis of pacing strategies during men's world-record performances in track athletics. **International journal of sports physiology and performance**, [s. l.], v. 1, n. 3, p. 233–45, 2006.

VERNILLO, G. et al. Energy cost and kinematics of level, uphill and downhill running: fatigue-induced changes after a mountain ultramarathon. **Journal of Sports Sciences**, [s. l.], v. 33, n. 19, p. 1998–2005, 2015.

VERNILLO, G. et al. Biomechanics and Physiology of Uphill and Downhill Running. **Sports Medicine**, [s. l.], p. 15, 2016.

VIDEBÆK, S. et al. Incidence of Running-Related Injuries Per 1000 h of running in Different Types of Runners: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, [s. l.], v. 45, n. 7, p. 1017–1026, 2015.

WILLIAMS, C. J. et al. Genes to predict VO<sub>2</sub>max trainability: a systematic review. **BMC Genomics**, [s. l.], v. 18, n. S8, p. 831, 2017.

## 8. APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, \_\_\_\_\_, portador do documento de identidade número \_\_\_\_\_, concordo voluntariamente em participar da pesquisa "EFEITOS BIOMECÂNICOS E FISIOLÓGICOS DO TREINAMENTO DE CORRIDA EM PLANO INCLINADO". Declaro estar ciente que esta pesquisa será desenvolvida pelo estudante de Mestrado Onécimo Ubiratã Medina Melo, aluno do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Estou ciente de que todas as informações coletadas e registradas no decorrer deste trabalho serão utilizadas para a elaboração da dissertação do referido aluno anteriormente citado, e que todas as informações utilizadas deverão manter o sigilo dos indivíduos avaliados.

Este estudo terá por objetivo: avaliar se após um treinamento em plano inclinado (positivo e negativo), ocorrerão avaliações do meu desempenho de economia de corrida. Estou ciente que para a realização dessa pesquisa serei submetido aos seguintes testes e procedimentos:

Estão envolvidos riscos e desconfortos, tais como dor e cansaço muscular temporário. Poderão ocorrer alterações das variáveis analisadas durante a execução dos exercícios, porém, os riscos são mínimos, sendo os testes muito seguros. Serão realizados 8 testes, num total de 10 de coletas de dados, ao longo de 5 visitas. E poderei abandonar a pesquisa em qualquer fase, caso sinta necessidade ou desconforto para a realização dos testes e treinamentos.

- 2 testes de máximo esforço, em que terei de realizar contrações voluntárias máximas (1 RM) no aparelho de musculação pressão de pernas, em 5 tentativas até a mais alta carga que eu puder. Este teste visa avaliar minha força máxima, a qual está relacionada com minha força de membros inferiores.

- 2 testes de economia de corrida, em dois dias diferentes nos quais terei de correr seis minutos, com intervalos para descanso na mesma velocidade, mas em três inclinações diferentes. Este teste visa avaliar a minha economia de corrida, a qual está relacionada com minha capacidade de realizar exercícios físicos de longa duração.

- 2 testes de desempenho em 5.000 m, um na pista de atletismo e o outro na avenida Salvador França, na calçada, junto com os demais voluntários da pesquisa.

Em todos os testes que envolvem medida de consumo de oxigênio terei de usar uma máscara que me forçará respirar predominantemente pela boca.

Também estou ciente que nos testes cinemáticos, eu terei de colocar alguns marcadores no meu corpo (pernas, articulações e tronco) que permitirão avaliar a atividade das minhas articulações e minha mecânica de corrida. Para isso, nos locais em que os marcadores serão colocados, será necessário realizar usar cola para fixa-los.

Ainda fui informado que em todos os testes serão gravados vídeos da minha corrida. Riscos: Estou ciente que haverá certo desconforto, que pode ser até estético caso eu tenha muitos pelos, por conta da necessidade raspar os locais de colocação dos eletrodos. Também estou ciente que a máscara que usarei nos testes que avaliam o consumo de oxigênio pode me causar algum desconforto por dificultar a respiração pelo nariz. Fui informado que (da mesma maneira quando eu faço um treino intenso ou participo de uma competição) há um pequeno risco de que eventos cardíacos ocorram durante os testes, especialmente no teste de esforço máximo. Mas todas as medidas que garantam minha segurança serão tomadas pelos pesquisadores, inclusive, durante o teste máximo (e apenas neste), a presença de um médico. Em contribuição para reduzir ao máximo meus riscos, me comprometo a relatar aos pesquisadores toda e qualquer condição de saúde, da qual eu tenha conhecimento, que possa representar um risco a minha saúde durante os testes.

Vantagens: Os principais resultados dos testes aos quais serei submetido me serão fornecidos e estou autorizado a utilizá-los como melhor me for conveniente, inclusive na prescrição dos meus treinos.

Assim sendo, eu, por meio desta, autorizo Leonardo Alexandre Peyré Tartaruga, Onécimo Ubiratã Medina Melo, bolsistas ou profissionais selecionados para realizar os procedimentos acima descritos e a mim explicados. \* Eu estou ciente também que:

1. Os procedimentos expostos acima serão explicados para mim por Onécimo Ubiratã Medina Melo, algum bolsista ou assistente;
2. Eu entendo que Onécimo Ubiratã Medina Melo e/ou bolsistas irão responder qualquer dúvida que eu tenha em qualquer momento relativo a estes procedimentos;
3. Eu entendo que todos os dados relativos à minha pessoa irão ficar confidenciais e disponíveis apenas sob minha solicitação escrita. Além disso, eu entendo que no momento da publicação, não será feita associação entre os dados publicados e a minha pessoa;
4. Eu entendo que não há compensação monetária pela minha participação nesse estudo;
5. Eu entendo que no surgimento de uma lesão física resultante diretamente de minha participação, não será providenciada nenhuma compensação financeira;
6. Eu entendo que não terá nenhum médico presente durante a maior parte dos testes, exceto no teste de esforço máximo. Apesar disso, estará disponível no laboratório uma linha telefônica para a Assistência Médica de Emergência;
7. Eu entendo que eu posso fazer contato com o orientador do estudo Professor Doutor Leonardo Alexandre Peyré Tartaruga, com o autor do estudo Onécimo Ubiratã Medina Melo ou qualquer bolsista ou assistente, para quaisquer problemas referentes à minha participação no estudo ou se eu sentir que há uma violação nos meus direitos. Telefone: (51) 33085820. Telefone do Comitê de Ética em Pesquisa/UFRGS: (51) 33083629.

Porto Alegre, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Participante (sujeito):

Nome completo: \_\_\_\_\_

Assinatura do sujeito: \_\_\_\_\_

Assinatura do pesquisador: \_\_\_\_\_

#### CONSENTIMENTO PARA FOTOGRAFIAS E VÍDEOS

Eu, \_\_\_\_\_ permito que os pesquisadores obtenham fotografias e vídeos para fins de pesquisa. Eu concordo que o material obtido possa ser publicado em aulas, congressos, palestras ou periódicos científicos. Porém, eu não devo ser identificado por nome em qualquer uma das vias de publicação ou uso.

As fotografias e vídeos ficarão em propriedade e guarda dos pesquisadores do GPAT/Locomotion, sob orientação do Prof Dr. Leonardo Alexandre Peyré Tartaruga e do aluno de mestrado Onécimo Ubiratã Medina Melo.

Assinatura: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_