



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

JULIANO MORO GABARDO

**EFEITO DA RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO NOS
MEMBROS INFERIORES SOBRE O DESEMPENHO E
RESPOSTAS PSICOFISIOLÓGICAS EM CORRIDA DE 10 KM**

Londrina
2023

JULIANO MORO GABARDO

**EFEITO DA RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO NOS
MEMBROS INFERIORES SOBRE O DESEMPENHO E
RESPOSTAS PSICOFISIOLÓGICAS EM CORRIDA DE 10 KM**

Tese de Doutorado apresentado ao Programa Associado de Pós-Graduação em Educação Física UEM/UEL, do Centro de Educação Física e Esporte da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Ricardo Altimari

Londrina
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Gabardo, Juliano Moro.

Efeito da restrição de fluxo sanguíneo nos membros inferiores sobre o desempenho e respostas psicofisiológicas em corrida de 10 km / Juliano Moro Gabardo. - Londrina, 2023.
69 f. : il.

Orientador: Leandro Ricardo Altimari.

Coorientador: Cosme Franklim Buzzachera.

Tese (Doutorado em Educação Física) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Educação Física e Esportes, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, 2023.

Inclui bibliografia.

1. Corrida - Tese. 2. Oclusão arterial - Tese. 3. Desempenho esportivo - Tese. I. Altimari, Leandro Ricardo. II. Buzzachera, Cosme Franklim. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Educação Física e Esportes. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. IV. Título.

CDU 796

JULIANO MORO GABARDO

**EFEITO DA RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO NOS
MEMBROS INFERIORES SOBRE O DESEMPENHO E
RESPOSTAS PSICOFISIOLÓGICAS EM CORRIDA DE 10 KM**

Tese de Doutorado apresentado ao Programa Associado de Pós-Graduação em Educação Física UEM/UEL, do Centro de Educação Física e Esporte da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Educação Física.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Leandro Ricardo Altimari
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Ademar Avelar de Almeida Junior
Universidade Estadual de Maringá – UEM

Prof. Dr. Juliano Casonatto
Universidade Norte do Paraná – UNOPAR

Prof. Dr. Marcos Doederlein Polito
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Raul Osiecki
Universidade Federal do Paraná – UFPR

Londrina, 14 de março de 2023.

Dedico este trabalho a minha mãe **Tereza dos Santos Gabardo** (*in memoriam*) por ser onipresente em minha vida, pelo amor, carinho, dedicação, compreensão e apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

A Deus por tudo, por sempre estar presente na minha vida, por me iluminar e cuidar de mim.

Ao meu pai por me dar suporte de todas as formas, sem medir esforços.

A minha irmã, sobrinhos e cunhado por me dar muito carinho e atenção, e por estarem presentes em momentos importantes me passando confiança.

Ao meu orientador Prof. Dr. Leandro Ricardo Altimari. Agradeço pela oportunidade, por ter me apoiado em decisões importantes e me orientar com muito afinho e paciência.

Ao professor Professor Cosme Franklim Buzzachera, por ter me incentivado na progressão acadêmica, me acompanhado e orientado nesse percurso, por todas oportunidades e pela amizade.

Aos professores membros da banca, agradeço por terem aceitado o convite e por compartilhar comigo o valioso conhecimento que tens.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Educação Física UEM/UEL que tive contato, pela paciência e aplicação em transmitir o conhecimento.

Aos Professores Andreo Fernando Aguiar e Ercy Ramos pela presteza e prontamente cederem os equipamentos utilizados na coleta de dados.

Ao amigo Adalberto Júnior pelo companheirismo e amizade, sempre solícito e muito paciente, sua ajuda foi fundamental.

Aos amigos de laboratório Jeferson, Priscila e Andrea pela boa convivência, trocas de ideias e pelo apoio em muitos momentos.

Aos amigos Vitor e Reginaldo por não medirem esforços para me ajudar em muitos momentos durante o período acadêmico.

Aos voluntários que prontamente aceitaram o convite e respeitaram os protocolos, realizando os testes conforme solicitado.

GABARDO, Juliano Moro. **Efeito da restrição do fluxo sanguíneo dos membros inferiores sobre o desempenho e respostas psicofisiológica em corrida de 10 km.** 2023. 69 f. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física – UEM/UEL) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2023.

RESUMO

A restrição de fluxo sanguíneo (RFS) no exercício tem sido utilizada sobretudo nas modalidades de força, com objetivo de aumentar a intensidade do exercício. No endurance esta técnica começou a ser investigada recentemente com o propósito de aumentar o aporte de oxigênio nos músculos ativos e conseqüentemente melhorar o desempenho. A RFS tem sido realizada em diferentes protocolos de aplicação, e nos esportes de endurance previamente ao exercício como estratégia ergogênica. Contudo, existem poucos estudos que, de fato, confirmam sua efetividade, especialmente quando se discute a validade ecológica no contexto esportivo (ex: testes contrarrelógio). Assim, o objetivo do presente estudo foi investigar o efeito da RFS realizada nos membros inferiores sobre o desempenho e respostas psicofisiológicas em corrida de 10 km. Para tanto, foi realizado um estudo com delineamento cross over, randomizado e balanceado. A amostra foi composta por 12 corredores amadores voluntários do sexo masculino (idade: $26,4 \pm 4,7$ anos; massa corporal: $70,96 \pm 6,12$ kg; estatura: $1,74 \pm 0,03$ m; tempo de experiência: $4,5 \pm 3,4$ anos; tempo de prova de 10 km: $42,6 \pm 7$ min). Na primeira sessão experimental foi realizada avaliação antropométrica, familiarização na pista de atletismo e ancoragem da escala de percepção subjetiva de esforço PSE (6-20) (Borg, 1982). Na segunda e terceira sessões foram realizados os testes de corrida contrarrelógio de 10 km. Previamente aos testes de corrida foi aplicada a RFS ou *Sham*. Pré e pós aplicação da RFS ou *Sham* foi aferida a pressão arterial. Antes, durante e após a RFS e *Sham* foi mensurada a oxigenação muscular e a frequência cardíaca (FC). Durante os testes de corrida, além da PSE reportada pelos participantes a cada volta (400m), foi obtida a FC e o tempo por volta. Comparado com *Sham*, a RFS melhorou o desempenho da corrida na distância de 10 km em pista para o grupo todo ($n = 12$; RFS: 2674 ± 405 s vs *Sham*: 2701 ± 400 s; $t = -2,589$; $P = 0,02$), e para o grupo “competidores” ($n = 6$; RFS: 2334 ± 194 s vs *Sham*: 2366 ± 194 s; $t = -2,576$; $P = 0,05$). A mínima mudança detectável (MMD) foi de 19,96s, com 8 (oito) participantes com melhora no desempenho de corrida abaixo da MMD, 2 (dois) sem efeito algum e 2 (dois) com efeito negativo, acima da MMD. O tempo analisado a cada km foi menor na condição RFS no grupo todo e nos “competidores” ($F = 7,383$; $P = 0,02$; $\eta^2 = 0,402$ e $F = 6,971$; $P = 0,046$; $\eta^2 = 0,582$, respectivamente). O último quilômetro apresentou um tempo (s) significativamente menor quando comparado ao penúltimo para as duas condições experimentais, e em todos os grupos. O delta do tempo entre os dois últimos kms apontou que, a RFS proporcionou uma queda significativamente maior no tempo médio do que o *Sham*, para o grupo total ($P < 0,001$). Foi analisado qual ponto no teste, onde de fato, ocorreu a diferença entre as condições através de parciais meio e quartis. As parciais meio não tiveram diferença, as parciais quartis apontaram que a RFS foi menor no terceiro quartil (do 5º ao 7,5º km; RFS: 684 ± 107 s vs 694 ± 109 s; $P = 0,04$). A velocidade, analisada a cada km, foi significativamente maior na condição RFS para o grupo todo ($F = 7,211$; $P = 0,02$; $\eta^2 = 0,396$). A PSE, FC e amplitude da FC apresentaram efeito do tempo ($P < 0,001$). A FC apresentou maiores valores na condição RFS ($F = 8,097$; $P = 0,02$) do segundo ao décimo quilômetro. Ainda, na FC normalizada pelos valores prévios ao início da corrida, foi encontrado efeito do tempo e diferença entre as condições (RFS vs *Sham*; $F = 7,136$; $P = 0,02$). A PSE aumentou significativamente na última volta nas duas condições (RFS e *Sham*) para o grupo total e competidores, nos recreacionais ocorreu somente para a

condição *Sham*. As resposta da pressão sistólica teve redução após o procedimento de oclusão arterial (PAS-RFS: pré: $142 \pm 12\text{mmHg}$ vs pós: $136 \pm 9\text{mmHg}$; $P = 0,009$). Os dados de oxigenação (O_2Hb) e desoxigenação (HHb) muscular comprovou que a condição RFS (220mmHg), de fato, restringiu o fluxo sanguíneo para os membros inferiores, enquanto na condição *Sham* (20mmHg) isso não ocorreu (RFS vs *Sham*: $P < 0,001$), valor respectivo as duas variáveis. Os resultados sugerem que a RFS aplicada previamente ao teste de corrida de 10 km melhorou o desempenho, que aconteceu especificamente no grupo dos atletas competidores, no momento final do teste. Esses resultados indicam que a estratégia prévia de ocluir os membros inferiores resulta numa melhor performance, denotada também pela carga interna de esforço maior mesmo sem alterar a percepção, em contexto esportivo, sobretudo nos atletas com performance de competidores regionais.

Palavras-chave: oclusão arterial; desempenho esportivo; corrida; endurance.

GABARDO, Juliano Moro. **Effect of lower limb blood flow restriction on performance and psychophysiological responses in 10 km run.** 2023. 69 p. Doctoral Thesis (Associated Postgraduate Program in Physical Education – UEM/UEL) - State University of Londrina, Londrina, 2023.

ABSTRACT

Blood flow restriction (BFR) applied during exercise has been used mainly in strength modalities, with the aim of increasing exercise intensity. In endurance exercise this technique began to be investigated recently with the purpose of increasing the oxygen supply in the active muscles and consequently improving performance. BFR has been applied in different protocols. In endurance sports, it has been performed prior to exercise. More recently, this type of strategy has been characterized as an ergogenic resource. However, there are few studies that actually confirm its effectiveness, especially when it comes to ecological validity in the sporting context (eg, time trial tests). Thus, the aim of the present study was to investigate the effect of BFR performed on the lower limbs on performance and psychophysiological responses in a 10 km race. Therefore, a cross-over, randomized and balanced study was carried out. The sample consisted of 12 male volunteer amateur runners (age: 26.4 ± 4.7 years; body mass: 70.96 ± 6.12 kg; height: 1.74 ± 0.03 m; experience time: 4.5 ± 3.4 years; 10 km race time: 42.6 ± 7 minutes). In the first experimental session, anthropometric assessment, familiarization on the athletics track and anchoring of the subjective perception of exertion RPE scale (6-20) (Borg, 1982) were performed. In the second and third sessions, the 10 km time trial tests were performed. Prior to the running tests, BFR or Sham was applied. Pre and post application of BFR or Sham, blood pressure was measured. Before, during and after BFR and Sham, muscle oxygenation and heart rate (HR) were measured. During the running tests, the HR, time per lap were captured and the participants reported the RPE at each lap (400m). Compared with Sham, BFR improved running performance over the 10 km track distance for the whole group ($n = 12$; BFR: 2674 ± 405 s vs Sham: 2701 ± 400 s; $t = -2.589$; $P = 0.02$), and for the “competitors” group ($n = 6$; BFR: 2334 ± 194 s vs Sham: 2366 ± 194 s; $t = -2.576$; $P = 0.05$). The minimal detectable change (MDC) was 19.96s, 8 participants had a better performance, they were below the MDC, two had no effect and two had a negative effect, they were above the MDC. The time analyzed at each km was lower in the BFR condition in the whole group and in the “competitors” ($F = 7.383$; $P = 0.02$; $\eta^2 = 0.402$; $F = 6.971$; $P = 0.046$; $\eta^2 = 0.582$, respectively). The last kilometer presented a significantly shorter time (s) when compared to the penultimate one for both experimental conditions, and in all groups. The delta between the last two kms showed that BFR provided a significantly greater drop in mean time than Sham for the total group ($P < 0.001$). It was analyzed which point in the test, where in fact, the difference between the conditions occurred through partial means and quartiles. The half partials did not differ, the partial quartiles indicated that the BFR was lower in the third quartile (from the 5th to the 7.5th km; BFR: 684 ± 107 s vs 694 ± 109 s; $P = 0.04$). The speed analyzed at each km was higher in the BFR condition, for the whole group ($F = 7.211$; $P = 0.02$; $\eta^2 = 0.396$). RPE, HR, and HR amplitude showed an effect of time ($P < 0.001$). HR showed higher values in the BFR condition ($F = 8.097$; $P = 0.02$) from the second to the tenth kilometer. Also, in the HR normalized by values prior to the start of the race, an effect of time and difference between conditions (BFR vs Sham) was found ($F = 7.136$; $P = 0.02$). The RPE increased significantly in the last lap in both conditions (BFR and Sham) for the whole group and “competitors”, in recreational it occurred only for the Sham condition. The systolic pressure response was reduced after the arterial occlusion procedure (PAS-BFR: pre: 142 ± 12 mmHg vs post: 136 ± 9 mmHg; $P =$

0.009). The muscle oxygenation (O₂Hb) and deoxygenation (HHb) data proved that the BFR condition (220mmHg) indeed restricted blood flow to the lower limbs, while in the Sham condition (20mmHg) this did not occur (BFR vs Sham: $P < 0.001$), respective value of the two variables. The results suggest that the BFR previously applied to the 10 km running test improved performance, and the improvement happened specifically in the group of competing athletes at the end of the test. These results indicate that the previous strategy of occluding the lower limbs results in better performance, also denoted by the greater internal effort load even without changing the perception, in a sporting context, especially in athletes with performance of regional competitors.

Keywords: arterial occlusion; sports performance; running; endurance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.	Adaptações cardiovasculares e músculo-esquelético após a aplicação da restrição de fluxo sanguíneo.....	20
Figura 2.	Ilustração do desenho experimental	31
Figura 3.	Imagem real durante o procedimento de oclusão arterial.....	31
Figura 4.	Dados referentes as variáveis da oxigenação muscular oxihemoglobina (O ₂ Hb) e deoxihemoglobina (HHb) de um sujeito.....	32
Figura 5.	Imagem real do teste contrarrelógio durante uma volta da corrida de 10 km.....	33
Figura 6.	Comparação da RFS <i>vs Sham</i> referente ao desempenho no teste de corrida contrarrelógio de 10 km	37
Figura 7.	Representação gráfica da mínima mudança detectável.....	38
Figura 8.	Tempo (s) por km no teste de corrida de 10 km contrarrelógio.....	39
Figura 9.	Velocidade por km no teste de corrida de 10 km contrarrelógio	41
Figura 10.	Efeito da RFS e <i>Sham</i> na frequência cardíaca e amplitude da frequência cardíaca durante o teste de corrida contrarrelógio de 10 km.....	43
Figura 11.	Efeito da RFS e <i>Sham</i> na Percepção Subjetiva de Esforço durante o teste de corrida contrarrelógio de 10 km (a cada volta 400m).	45
Figura 12.	Efeito da RFS e <i>Sham</i> na relação entre FC <i>vs</i> PSE Percepção Subjetiva de esforço durante o teste de corrida contrarrelógio de 10 km (a cada volta 400m)	46
Figura 13.	Dados de oxigenação (O ₂ Hb) e desoxigenação (HHb) muscular.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estudos que investigaram a RFS	26
Tabela 2. Tempo das parciais no teste de 10 km (2 metades e 4 quartis).	40
Tabela 3. Valores de Pressão Arterial pré e pós procedimento de oclusão ou <i>sham</i> (PAS, PAD e PAM)	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATP	Adenosina trifosfato
BFR	<i>Blood flow restriction</i>
DP	Desvio Padrão
EP	Erro padrão
FC	Frequência cardíaca
HHb	Deoxihemoglobina
HR	<i>Heart Rate</i>
IPC	<i>Ischemic Preconditioning</i>
MDC	<i>Minimal detectable change</i>
MMD	Mínima mudança detectável
mTOR	<i>Mammalian target of rapamycin</i>
NIRS	<i>Near infrared spectroscopy</i>
O ₂ Hb	Oxihemoglobina
PA	Pressão arterial
PAD	Pressão arterial diastólica
PAM	Pressão arterial média
PAS	Pressão arterial sistólica
PSE	Percepção subjetiva de esforço
PCI	Pré-condicionamento isquêmico
Q _{max}	Débito cardíaco máximo
RFS	Restrição de fluxo sanguíneo
RPE	<i>Rating of Perceived Exertion</i>
RH	<i>Reactive Hyperemia</i>
RM	Repetição máxima
ROS	<i>Reactive oxygen species</i>
SV	Salto Vertical
SCM	Salto contramovimento
TCLE	Termo de consentimento livre e esclarecido
VO ₂ máx	Consumo máximo de oxigênio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	OBJETIVO GERAL	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3	REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1	RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO	18
3.1.1	História	18
3.1.2	Mecanismos da RFS	18
3.1.3	Efeitos da RFS.....	22
3.1.4	Aplicações da RFS	22
3.1.5	Protocolos de Aplicação da RFS	23
3.1.6	RFS e Desempenho	24
4	MATERIAIS E MÉTODOS	30
4.1	TIPO DE ESTUDO.....	30
4.2	CUIDADOS ÉTICOS.....	30
4.3	CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO	30
4.4	AMOSTRA	30
4.5	DESENHO EXPERIMENTAL	31
4.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA	35
5	RESULTADOS	37
6	DISCUSSÃO	51
6.1	LIMITAÇÕES	54
7	CONCLUSÃO	55
7.1	APLICAÇÕES PRÁTICAS	55
	REFERÊNCIAS	56
	APÊNDICES	64

1 INTRODUÇÃO

A capacidade para iniciar e sustentar um exercício é afetada por muitos fatores. Uma delas é a capacidade do sistema cardiovascular em distribuir sangue, e como consequência, oxigênio para musculatura envolvida no exercício. A demanda metabólica e das vias de formação de adenosina trifosfato (ATP) requerida no início do exercício aumenta rapidamente (Kellawan *et al.*, 2018). Para suprir tal demanda é necessário um maior fluxo sanguíneo local. De fato, ocorre uma vasodilatação nos capilares dos grupos musculares requeridos para execução do exercício, e a vasodilatação aumenta proporcionalmente à intensidade do exercício (Richards *et al.*, 2018). Existem muitos mecanismos que contribuem para que a vasodilatação ocorra no início do exercício (Abou Bakkar *et al.*, 2019). Além disso, outros fatores como um maior recrutamento de fibras musculares e respostas hormonais aumentadas ajudariam a musculatura a ter respostas mais eficientes frente a demanda requerida durante o esforço. Alguns destes mecanismos podem ter suas vias potencializadas através da utilização de recursos ergogênicos: como a suplementação de substâncias vasodilatadoras, fármacos, técnica de oclusão arterial, entre outras (Wylie *et al.*, 2016; Ohmori *et al.*, 2010), e respostas metabólicas: como produção hormonal aumentada (Bennett e Slattery, 2018).

Nesse contexto, a restrição de fluxo sanguíneo (RFS) resulta na hiperemia reativa, em que o membro ou local onde a RFS foi aplicada é irrigado por maior conteúdo sanguíneo (Baynard *et al.*, 2003). A RFS é uma técnica que utiliza um manguito posicionado em torno de um ou mais membros do corpo, antes ou durante o exercício para ocluir parcial ou totalmente a entrada do fluxo sanguíneo e evitar a saída de sangue venoso (Loenneke *et al.*, 2012a). Essa técnica tem sido amplamente utilizada durante o treinamento de força e é conhecida nesse meio como *KAATSU Training* (Sato, 2005).

Recentemente a RFS começou a ser investigada na performance de endurance (Pignanelli, Christiansen, Burr, 2021). O desempenho em exercícios de endurance envolve a manutenção prolongada da velocidade/potência autorregulada ou constante (Swart *et al.*, 2009). Desse modo, a performance no exercício de endurance depende sobretudo do sistema cardiovascular (Calbet e Lundby, 2012). Quando a contração muscular é continuamente repetida, as demandas do metabolismo aeróbio aumentam para suprir o oxigênio adicional. De fato, ocorre um aumento na distribuição do oxigênio em nível sistêmico e periférico. Consequentemente, a vasodilatação dos capilares musculares, oferece o oxigênio adicional necessário para a manutenção do exercício (Saltin, 2007). Desse modo, a vasodilatação

aumentada contribui significativamente durante o exercício para aumentar o desempenho (Richards *et al.*, 2018).

Portanto, estratégias que consigam potencializar a vasodilatação durante o exercício para melhorar o desempenho são cada vez mais comuns, como a supracitada RFS (Wylie *et al.*, 2016; Ohmori *et al.*, 2010). Embora exista um vasto conhecimento no treinamento resistido frente a RFS, são poucos estudos que investigaram o exercício de endurance (Takada *et al.*, 2012; Conceição *et al.*, 2016; Tegtbur *et al.*, 2020). Ademais, até o momento, os estudos sobre a influência da RFS no desempenho de endurance divergem nos objetivos e metodologia, sendo que a maioria foram realizados numa situação controlada em laboratório (De Groot *et al.*, 2010).

Estudo de Tocco *et al.* (2015), avaliou o desempenho de atletas após a aplicação da RFS na corrida de 5 km em pista, simulando uma prova de campo, mas não observou efeitos significantes com a intervenção. Embora não tenha resultado em efeitos positivos, foi adotado o protocolo e formato deste estudo, sendo que nossa hipótese inicial foi de que a aplicação da RFS poderia acarretar em um melhor desempenho, ou seja, diminuir o tempo de corrida contrarrelógio, uma vez que a distância é o dobro daquela pesquisada por Tocco *et al.* (2015), e numa situação ecológica. Além disso, promover alterações positivas nas respostas psicofisiológicas, sendo a percepção de esforço menor e a FC maior para atender a demanda do esforço, similar ao que ocorre quando a RFS é aplicada durante o exercício de baixa intensidade (Loenneke, Wilson, Wilson, 2010a).

Desse modo, estudos que explorem situações mais próximas da realidade competitiva são necessários, a fim de averiguar se o contexto ambiental em que o atleta está inserido quando compete, pode sugerir a aplicação da RFS como uma estratégia ergogênica efetiva. Adicionalmente, os possíveis benefícios que a RFS poderia proporcionar através da hiperemia reativa em atletas amadores da corrida de endurance, ainda não foram investigados na literatura corrente.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Investigar os efeitos da RFS aplicada nos membros inferiores sobre o desempenho e respostas psicofisiológicas em corrida contrarrelógio de 10 km.

2.2 Objetivos específicos

Comparar dois grupos com distintos nível de performance sobre o desempenho e PSE em corrida de 10 km após a aplicação da RFS nos membros inferiores.

Verificar a influência da RFS no nível de variabilidade inter-individual para o tempo total da corrida de 10 km.

Analisar se a aplicação da RFS nos membros inferiores poderia induzir alterações sobre as respostas perceptuais durante a corrida de 10 km.

Verificar se as respostas pressóricas sistêmica sofrerão alteração após a aplicação da RFS nos membros inferiores.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Restrição de fluxo sanguíneo

3.1.1 História

A técnica de restringir o fluxo sanguíneo surgiu com o japonês Yoshiaki Sato em 1966 em função da posição que estava durante uma cerimônia budista. Ele percebeu uma sensação de dormência e atrelou isso a falta de circulação sanguínea no local (Sato, 2005). Diante do ocorrido, ele que à época treinava para ter um corpo de *bodybuilder* imaginou que pudesse utilizar algo para que a circulação sanguínea ficasse restrita em músculos alvos, uma vez que isso gerava inchaço no local (Sato, 2005). Na tentativa de utilizar a técnica e que gerasse resultados, Dr. Sato regularmente aplicava a restrição de fluxo sanguíneo (RFS) nas pernas, o que o levou ao hospital com diagnóstico de embolia pulmonar. Após os conselhos do médico para parar com a técnica, ele tentou encontrar uma pressão que não acarretasse em hospitalização e fosse segura, além de realizar a técnica nos membros superiores. Em 1973, Dr. Sato sofreu um acidente, fraturando os dois tornozelos e machucando o joelho. Ele decidiu não realizar uma cirurgia indicada pelo médico, engessou as duas pernas e iniciou o *Kaatsu training*, a técnica que havia criado. Desse modo, após dois meses e a remoção do gesso, foi constatada uma hipertrofia muscular e os ossos estavam curados. Nos anos seguintes Dr. Sato foi desenvolvendo o aparelho que realizava a técnica e em 1983, após muitos estudantes terem testado a técnica e sem efeitos adversos à saúde, o *Kaatsu training* foi amplamente divulgado. Após o treinamento de muitas pessoas, em meados dos anos 90 Dr. Sato conseguiu a patente no Japão, Europa e América da técnica denominada *Kaatsu*. Desse modo, ele conseguiu várias parcerias com empresas e pesquisadores para ajustar o equipamento e investigar uma ampla possibilidade de tratamento com a técnica (Sato, 2005).

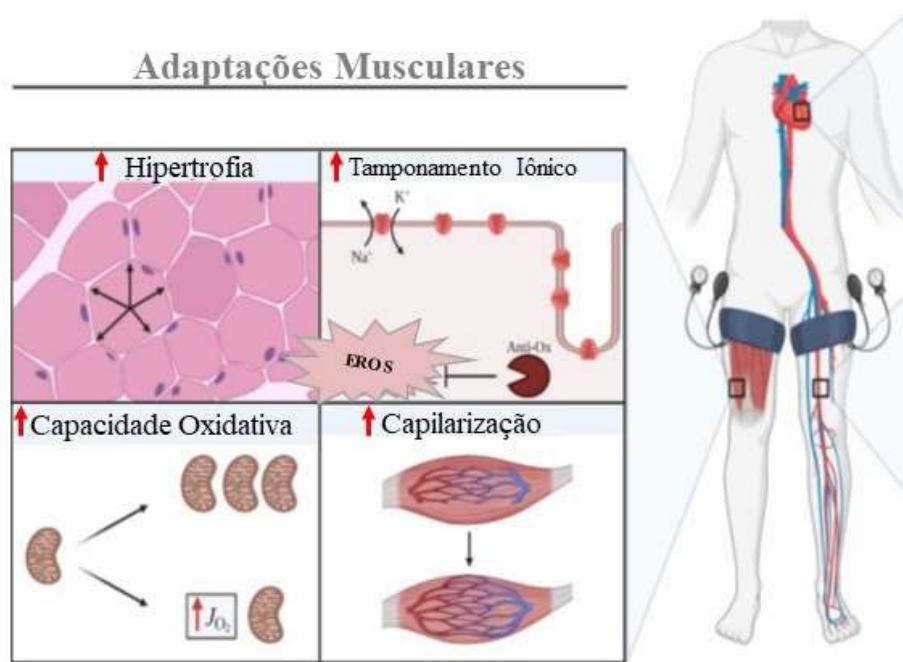
3.1.2 Mecanismos da RFS

A realização de exercício com a utilização da técnica de restringir o fluxo sanguíneo tem aumentado nos últimos anos (Paton, Addis, Taylor, 2017). A RFS consiste no aumento do estresse fisiológico, por sua vez, decorre em redução do fluxo sanguíneo para os músculos e impede o retorno venoso (Pope *et al.*, 2013). Como consequência, diminui a distribuição de oxigênio intramuscular bem como a remoção dos metabólitos. No treinamento resistido a técnica de RFS tem sido amplamente investigada (Lorenz *et al.*, 2021). Desse modo, os

mecanismos envolvidos estão cada vez mais elucidados. Quando os efeitos desejados voltam-se para hipertrofia muscular, a consequência de um ambiente hipóxico e acúmulo de metabólitos gerados pela RFS, são considerados os principais aspectos. Além de, aumentar a ativação muscular, fadiga, sinalização anabólica e angiogênese (Jessee *et al.*, 2018; Lorenz *et al.*, 2021). Pope *et al.* (2013) apontam alguns mecanismos que poderiam ser acionados ou alterados com a aplicação da RFS de modo global, (a) maior recrutamento de fibras de contração rápida devido ao ambiente hipóxico, (b) acidose metabólica aumentada devido a maior presença de íons H^+ , (c) a pressão do manguito causa uma deformação no sarcolema, estimulando a sinalização intracelular e expressão dos fatores de crescimento, (d) aumento da via glicolítica devido a adaptações metabólicas, (e) produção de espécies reativas de oxigênio (ROS), (f) hiperemia reativa quando a pressão do manguito é liberada, levando a fusão dos mionúcleos com fibras musculares maduras. Quando se trata dos efeitos da RFS nas modalidades de endurance, existe um campo de pesquisa voltado para a técnica de pré-condicionamento isquêmico (PCI), no qual a RFS é utilizada anteriormente a realização do esforço físico, ou ainda, com utilização da RFS durante momentos de repouso (RFS suplementar) (Taylor, Ingham, Ferguson, 2016). Recentemente, tem aumentado os estudos com PCI com aplicação em esportes de endurance (tabela 1). Estudo pioneiro de Murry, Jennings, Reimer (1986) investigou a PCI, ocluíram diretamente a artéria coronária esquerda de cachorros. Eles demonstraram efeitos protetivos ao coração em protocolos com oclusão/reperfusão intermitente. O PCI utiliza a técnica de RFS e existem diversos protocolos de aplicação do PCI. No PCI existem momentos de liberação do fluxo sanguíneo entre os períodos de aplicação da RFS. Desse modo, no momento de liberação ocorre uma hiperemia reativa (Libonati *et al.*, 2001). A consequência da hiperemia reativa é, sobretudo, uma reperfusão tecidual acentuada. Além disso, decorre em uma resposta de vasodilatação transitória dependente de óxido nítrico, em função das modificações microvasculares no volume arterial (Malheiro *et al.*, 2020). Parece haver um ponto principal em que a produção de adenosina aumenta durante a isquemia. Por sua vez, esse aumento ativa o receptor adenosina- A_1 (Ishida *et al.*, 1997). O aumento da adenosina causa maior dilatação nos vasos, como consequência, o fluxo sanguíneo e distribuição de oxigênio aumentam (Beaven *et al.*, 2012). Ainda, o PCI aumenta o fluxo sanguíneo no músculo esquelético (Wang *et al.*, 2004), fígado (Kanoria *et al.*, 2006), e coração (Zhou *et al.*, 2010) durante reperfusão após isquemia prolongada. A mediação ocorre parcialmente através do aumento na fosforilação da endotelial óxido nítrico sintase (eNOS), por conseguinte, aumenta a produção de óxido nítrico. (Li *et al.*,

2012). Desse modo, entre os locais que ocorrem os potenciais mecanismos (ex. celular, neural e mecanismos humorais), é possível que o efeito do PCI sobre o desempenho durante o exercício é mediado pela maior capacidade de reperfusão no músculo esquelético.

A figura 1 indica possíveis adaptações no sistema cardiovascular e músculo-esquelético. Entre elas: aumento na densidade capilar; no número de mitocôndrias (capacidade oxidativa). A melhora da capacidade oxidativa é resultante de um estresse metabólico e eventos sinalizadores aumentados. De fato, no momento de aplicação da RFS diminui a disponibilidade de substratos sanguíneos (ex. glicose, oxigênio). Por outro lado, aumenta a utilização de substratos musculares (ex. fosfocreatina, glicogênio) para produção de ATP. Desse modo, o estresse metabólico e eventos sinalizadores gerados durante a aplicação da RFS, potencializam as adaptações mitocondriais (Pignanelli, Christiansen, Burr, 2021); melhora do tamponamento iônico e redox; aumento da hipertrofia muscular; uma provável melhora no débito cardíaco e conteúdo de oxigênio arterial: Dado a forte relação entre o Débito Cardíaco máximo (\dot{Q}_{\max}) e $\dot{V}O_{2\max}$, adaptações positivas cardiovasculares podem também contribuir para aumentar o $\dot{V}O_{2\max}$. Desse modo, o treinamento intervalado de *sprint* em conjunto a RFS aplicada pós-exercício não resultou em adaptações na densidade capilar e proteínas mitocondriais em atletas de endurance. Por outro lado, houve um aumento robusto no $\dot{V}O_{2\max}$, indicando uma adaptação em nível cardíaco (Mitchell *et al.*, 2019); aumento do transporte sanguíneo (vasodilatação facilitada): Durante o treinamento com RFS, o fornecimento de oxigênio ao músculo fica limitado. Como consequência, sobrevém estímulos que liberam substâncias vasodilatadoras, aumento exacerbado do fluxo sanguíneo imediatamente após liberar o manguito, resultando na elevação do estresse da lâmina vascular. Tomadas em conjunto, essas alterações causadas pela RFS podem promover adaptações na perfusão sanguínea no músculo esquelético (Christiansen *et al.*, 2019). Consequentemente, seja o exercício resisitido + RFS ou exercício de endurance + RFS, aumentam de forma aguda o conteúdo de mRNA para reguladores da angiogênese (Ferguson *et al.*, 2018). E, ainda, por um tempo maior (semanas), pode expandir a rede capilar entre 20% a 40% em comparação com controles pareados (Nielsen *et al.*, 2018). Em relação ao exercício de endurance, 4 semanas de treinamento de bicicleta de intensidade moderada (45 min/sessão) com RFS aumentaram mais a atividade da citrato sintase (20%) em comparação com o controle pareado (Esbjörnsson *et al.*, 1993). Da mesma forma, o conteúdo de COXIV muscular aumentou desde o início (20%) após treinamento de bicicleta de baixa intensidade (30 min/sessão) com RFS (Conceição *et al.*, 2019).



Adaptações Cardiovasculares centrais e periféricas

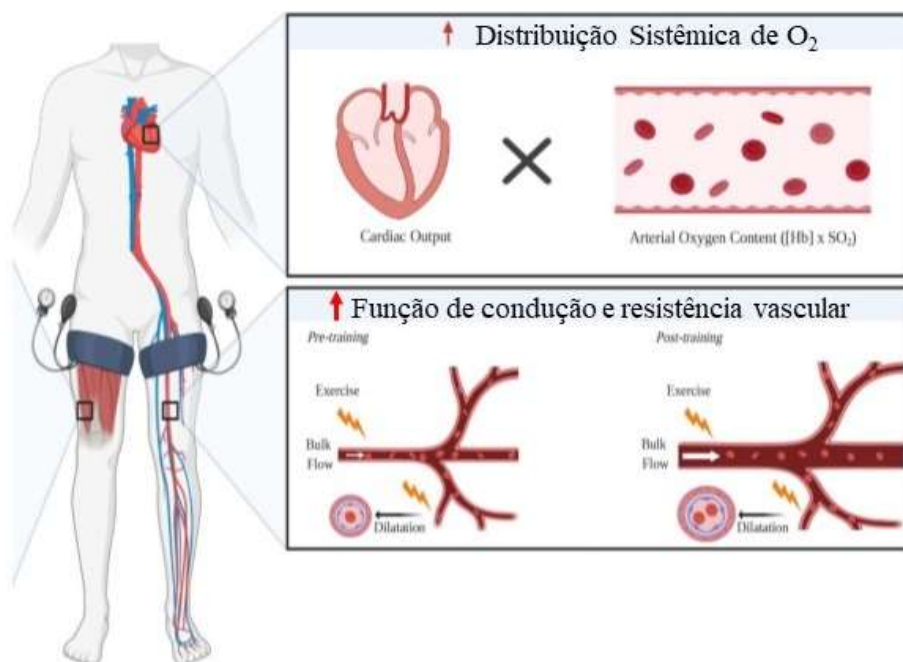


Figura 1. Representação das possíveis adaptações cardiovasculares e músculo-esquelético melhoradas após a aplicação de restrição de fluxo sanguíneo: Antioxidante; J_{O_2} : Consumo de oxigênio; EROS: Espécies reativas de oxigênio; Débito Cardíaco; Conteúdo de oxigênio arterial ([Hemoglobina] x Saturação de oxigênio); K^+ : Potássio; Na^+ : Sódio.
Fonte (Adaptado de: Pignanelli, Christiansen, Burr, 2021).

3.1.3 Efeitos da RFS

A técnica de RFS, também conhecida como *Kaatsu training*, consiste na aplicação de uma pressão na parte proximal de um membro, essa pressão tem que ser suficiente para restringir a passagem de sangue arterial e ocluir o retorno sanguíneo venoso. As principais consequências, consistem num ambiente hipóxico e no acúmulo de metabólitos, gerando estresse metabólico local. Devido a essas alterações, a frequência cardíaca aumenta durante o exercício, decorre num recrutamento de fibra muscular e aumenta a produção hormonal sistêmica (Bennett e Slattery, 2018; Paton, Addis, Taylor, 2017). Além dos citados, outros fatores estão relacionados à: tensão mecânica das fibras musculares, expansão celular, produção de espécies reativas de oxigênio, sinalização anabólica e maior recrutamento de fibra muscular de contração rápida (Hughes *et al.*, 2017). Uma investigação utilizando somente a técnica da RFS, ou seja, sem a execução de exercício, resultou no aumento da área de secção transversa da fibra muscular e na diminuição do hematócrito (Loenneke *et al.*, 2012b). Ainda, é especulado que as mudanças positivas que ocorrem na musculatura esquelética sem a execução do exercício, podem ser através do influxo de água na célula, por sua vez, estimularia a via da *mammalian target of rapamycin (mTOR)* (Loenneke *et al.*, 2012c). Efeitos favoráveis foram encontrados no treinamento intervalado e RFS na capacidade oxidativa muscular, com 4 a 6 semanas de treinamento intervalado. A aplicação da RFS foi realizada de forma intermitente, o que melhorou a perfusão de O₂ no músculo (Christiansen *et al.*, 2020), e a cinética de oxigênio (Corvino *et al.*, 2019). As demais mudanças que ocorrem quando a RFS é aplicada junto ao exercício, não foram encontradas apenas com a aplicação da RFS.

3.1.4 Aplicações da RFS

Originalmente a RFS foi criada com objetivo de promover hipertrofia muscular. A RFS é uma técnica que pode ser aplicada durante o exercício ou de modo prévio (conhecida como “pré-condicionamento isquêmico”). Para aplicação da técnica pode ser utilizado faixas ou manguitos restritivos para reduzir o fluxo sanguíneo para os músculos ativos. A RFS tem sido utilizada em vários tipos de exercício, com objetivo de melhorar a performance. No exercício resistido onde a técnica tem sua concepção, a maioria das investigações anteriores sobre os efeitos da RFS têm focado em atividades de treinamento em sujeitos não treinados ou moderadamente treinados. Além disso, o foco principal da pesquisa sobre a RFS tem sido melhorar hipertrofia e força usando baixas intensidades durante o exercício de força (Loenneke

et al., 2012b; Paton, Addis, Taylor, 2017). O estudo de Abe *et al.* (2005) relatou ganho na massa muscular e força nos membros inferiores, após treinamento de força de baixa intensidade utilizando RFS. Os estudos que tratam os ganhos de força e hipertrofia tem corpo na literatura científica, enquanto que os estudos que abordam o treinamento aeróbio são poucos (Bennett & Slattery, 2018; Paton, Addis, Taylor, 2017). Um estudo investigou os efeitos da aplicação da RFS durante o exercício de caminhada sobre as respostas cardíacas autonômicas (Ferreira Júnior *et al.*, 2019). Ademais, alguns estudos investigaram somente o emprego da RFS sem a execução de exercício, para verificar as adaptações que ocorrem sem estímulo via exercício (Takarada, Takazawa, Ishii, 2000; Kubota *et al.*, 2008; Kubota *et al.*, 2011). Além disso, a RFS tem sido muito investigada para diversos tipos de tratamento que pautam o fortalecimento muscular, como na reabilitação músculo esquelético (Hughes *et al.*, 2017). Fortalecimento muscular para tratamento pós cirúrgico de ligamento cruzado anterior do joelho (Erickson *et al.*, 2019; Lipker *et al.*, 2019; Lu *et al.*, 2020; Caetano *et al.*, 2021). Para aumento da força e hipertrofia muscular em idosos (Centner *et al.*, 2019). Para tratamento pós ruptura do tendão de aquiles (Hansen *et al.*, 2022). Para reabilitação pós cirurgica focada nas adaptações músculo esqueléticas (Bielitzki *et al.* 2021).

3.1.5 Protocolos de aplicação da RFS

Existem alguns tipos de equipamentos, materiais, dimensão de manguitos e protocolos de aplicação da RFS. Atualmente, o que se tem mais claro em relação ao tempo, é que a aplicação da oclusão deve ser de 5 minutos, independente da quantidade de sessões (Ishida *et al.*, 1997). A aplicação pode ser via torniquete (Shinoraha *et al.*, 1998), faixa elástica (Loenneke *et al.*, 2010b) e manguito com pressurização automática (Takano *et al.*, 2005). O objetivo é ocluir a entrada de sangue arterial e obstruir a saída do sangue venoso, reduzindo a distribuição de oxigênio intramuscular e diminuir a retirada dos metabólitos. A posição deve ser ajustada para a parte proximal dos membros, braços ou pernas. Estudos iniciais utilizaram uma pressão maior que 250 mmHg (Shinoraha *et al.*, 1998). Ainda, pressões menores com cerca de 180 mmHg resulta na oclusão de parte do sangue arterial (Takano *et al.*, 2005). A largura do manguito também reflete na oclusão, quanto maior a largura é necessário aumentar a pressão para que a oclusão de fato ocorra (Pope *et al.*, 2013). Os estudos baseados no treinamento de força ou caminhada, pautaram a utilização da RFS durante o exercício, contudo, tem se testado a RFS pré atividade, por exemplo, a técnica como um recurso para melhorar a performance na corrida. Comumente são empregados protocolos com o participante deitado, aplicação

intermitente e aguda sendo 5 minutos com oclusão e 5 minutos sem oclusão, com 3 séries (De Groot *et al.*, 2010; Tocco *et al.*, 2015), 4 séries. 4 séries de forma crônica, realizado durante cinco dias (Foster *et al.*, 2014). A cada liberação do fluxo, ocorre a hiperemia reativa, isso leva a uma maior perfusão de oxigênio nas fibras onde antes estavam hipóxicas. Relativo a hiperemia reativa, os estudos normalmente trazem o termo condicionamento pré-hisquêmico, que objetiva auxiliar a performance de um exercício realizado após a RFS. Comumente, são realizadas séries de 5 minutos de aplicação da RFS com o mesmo intervalo para reoxigenação (5 min). Dessa maneira, as adaptações à musculatura recrutada durante o exercício, são reflexos tanto do tempo em oclusão quanto da hiperemia reativa, que ocorre a cada liberação da pressão do manguito (Salvador *et al.*, 2016).

3.1.6 RFS e desempenho

Com o advento de vários estudos na temática da RFS, a técnica começou a ser investigada e explorada na área do desempenho esportivo e tarefas motoras (Howell *et al.*, 2001; Libonati *et al.*, 2001; De Groot *et al.*, 2010; Barr, 2011; Crisafulli *et al.*, 2011; Foster *et al.*, 2011; Jean-St-Michel *et al.*, 2011; Bailey *et al.*, 2012; Beaven *et al.*, 2012; Clevidence, Mowery, Kushnick, 2012; Gibson *et al.*, 2013; Kjeld *et al.*, 2014; Paixao, Mota, Marocolo, 2014; Barbosa *et al.*, 2014; Foster *et al.*, 2014; Marocolo *et al.*, 2015; Hittinger *et al.*, 2015; Patterson *et al.*, 2015; Lalonde & Curnier, 2015; Cruz *et al.*, 2015; Kraus *et al.*, 2015; Kido *et al.*, 2015; Tocco *et al.*, 2015; Gibson *et al.*, 2015; Scott, Peiffer, Goods, 2017; Paton, Addis, Taylor, 2017; Held, Behringer, Donath, 2020; Wortman *et al.*, 2021; Ferguson *et al.*, 2021). As investigações pautam principalmente no estresse fisiológico gerado pela aplicação da RFS, e nas respostas necessárias para que o ambiente interno realize as adaptações músculo esqueléticas e cardiovasculares (Pignanelli, Christiansen, Burr, 2021). A incorporação de aplicar a RFS ao treinamento ou comeptição, seja para o exercício de força ou endurance, tem mostrado pontos positivos através das adaptações, gerando transformações que não somente com o treinamento não ocorreriam (Scott *et al.*, 2015). Ademais, a aplicação da RFS está sendo utilizada também para a recuperação entre as sessões de treino. A RFS é uma técnica e alguns estudos pautam ela como tal. De fato, apresentam a RFS como uma ferramenta, a fim de alcançar a isquemia, que por sua vez gera adaptações fisiológicas e metabólicas. Em um estudo realizado com remadores de elite, a RFS foi aplicada em conjunto ao treinamento de baixa intensidade, durante 5 semanas em 15 sessões, sendo que o $\dot{V}O_2\text{max}$ aumentou nos atletas que utilizaram a RFS (Held, Behringer, Donath, 2020). Além disso, o termo utilizado nos estudos

que tratam sobre isquemia “pré-condicionamento isquêmico” (PCI), a RFS é aplicada previamente ao esforço físico, sobretudo em exercícios cíclicos/endurance. Enquanto que nos exercícios de força a RFS comumente é aplicada durante o esforço físico. Considerando o PCI, a performance humana é investigada sobre os efeitos gerados pelo pré-condicionamento isquêmico (Incognito, Burr, Millar, 2016). Também, em performance pautada sobre parâmetros respiratórios, cinética do consumo de O₂ (Cruz *et al.*, 2015), e comparação em normoxia e hipoxia. Em uma revisão sistemática com metanálise, Salvador *et al.* (2016) mostraram que PCI tem efeito moderado sobre exercício de natureza aeróbia. A maior parte dos estudos encontrados na literatura com os parâmetros supracitados, são investigações utilizando cicloergômetro, sobretudo em teste incremental máximo e wingate (tabela 1). Barr (2011) investigou os efeitos da PCI sobre a fadiga muscular através do teste de wingate. Em seguida, realizou um teste de sprint de 10 seg para verificar a recuperação de potência. A PCI não teve efeito sobre a performance anaeróbia. Crisafulli *et al.* (2011), analisaram dezessete indivíduos saudáveis aplicando o PCI, os participantes realizaram teste incremental máximo em cicloergômetro. Os principais achados do estudo foram melhora na carga total de trabalho, tempo total em exercício e potência máxima. Ademais, a análise em ciclistas amadores e em três intensidades submáximas e teste de tempo até a exaustão em 90% da potência máxima, o PCI não alterou a em nenhuma das condições testadas (Clevidence, Mowery, Kushnick, 2012).

Na investigação em condições hipóxicas, não foi encontrado melhora no desempenho. Contudo, houve atenuação na pressão sistólica pulmonar na condição hipóxia comparado à normóxia (Foster *et al.*, 2011; Foster *et al.*, 2014), além de melhorar a saturação de oxigênio (Foster *et al.*, (2014). Wiggins *et al.* (2019) similarmente, investigaram a PCI em condições de normoxia e hipoxia. Encontraram melhor performance no teste contrarrelógio de 5 km no ciclismo em normoxia. Ainda, em hipoxia, encontraram que o PCI melhorou a extração de O₂ microvascular. A investigação pautada no desempenho em corrida apresenta alguns estudos. A aplicação de 4 séries de 5 min de oclusão por 5 min de reperfusão melhorou a performance da corrida de 5 km contrarrelógio e teve um menor acúmulo de lactato (Bailey *et al.*, 2012). Por outro lado, a aplicação do PCI realizada 24 horas antes da corrida de 5 km contrarrelógio teve os mesmos resultados de quando aplicada imediatamente antes de realizar o teste (Seeger *et al.*, 2017). Sobre parâmetros de performance, melhorou potência máxima e consumo máximo de oxigênio em testes incrementais máximos realizado em cicloergômetro (De Groot *et al.*, 2010). O PCI analisado sobre a ótica da performance numa revisão sistemática, encontrou que a maioria dos estudos tiveram resultados positivos. A melhora é destacada em pessoas saudáveis

comparadas a atletas e sobretudo nos exercícios aeróbios (Caru *et al.*, 2019). A investigação do PCI na capacidade de realizar sprints repetidos em um grupo de mulheres de esporte coletivo, não teve efeito sobre a performance, principalmente por ser um exercício com característica intermitente. No entanto, o PCI foi capaz de diminuir o nível de lactato, sugerindo melhorar o fluxo sanguíneo através da vasodilatação, atuando na remoção do lactato (Gibson *et al.*, 2015). Outros estudos investigaram a performance do PCI sobre resposta à fadiga, força, recuperação, em exercícios multi ou uniarticulares e de características intermitentes. O desempenho no salto vertical não teve alteração com aplicação do PCI (Howell *et al.*, 2001). Análises sobre recuperação aguda e 24h pós PCI indicaram efeito positivo em saltos (*squat jump* e *conter moviment jump*) e *sprints* de 40m (Beaven *et al.*, 2012). Em resposta a apenas uma sessão de 2 minutos de oclusão na artéria braquial, o PCI foi capaz de melhorar a produção de força em 20% para flexão de punho (Libonati *et al.*, 2001). Barbosa *et al.* (2014), realizaram o PCI remoto, ou seja, a RFS foi aplicada nas pernas, entretanto, o exercício para investigar o desempenho foi realizado no antebraço. Os resultados mostraram que o PCI aplicado de forma remota, provocou um atraso na fadiga em exercício de preensão manual. O PCI aplicado de forma remota, no braço direito dos atletas, foi capaz de melhorar a capacidade do sistema glicolítico em atletas de meia distância, que competem em pista de atletismo. Ou seja, mesmo não sendo o membro alvo do esforço durante o exercício, a restrição do fluxo sanguíneo teve efeitos sistêmicos (Paull e Van Guilder, 2019). Ainda, O PCI remoto apresentou melhora no desempenho de nadadores altamente treinados, em dois testes incrementais submáximos e dois tipos de nados contrarrelógio (Jean-St-Michel *et al.*, 2011). Em suma, muitos estudos investigando a RFS ou PCI apontam melhora na performance. Quando não ocorre, ainda parece haver algum efeito benéfico em parâmetros secundários (tabela 1).

Tabela 1. Características dos estudos que investigaram o efeito da RFS sobre o desempenho.

Autor	Teste	Amostra	n	Protocolo RFS/PCI	Pressão mmHg	Tempo para teste	Protocolo Teste	Variável analisada	Efeito
2001 Howell	Salto Vertical	Treinados e saudáveis		1x1.5min	200/coxa	10 seg	40SV	Potência salto vertical	Não melhorou desempenho
2012 Beaven	Saltos/ <i>Sprint</i>	Saudáveis	14	2x3 min	220/coxa	0-24h	Agachamento com salto SCM Leg press <i>Sprints</i> repetidos	Agachamento com saltos SCM Força máxima Contrarrelógio	Melhorou agachamento com salto; Média pico velocidade excêntrica; Aceleração SCM; Diminuiu velocidade <i>Sprint</i> .
2001 Libonati	Flexão de Punho	Saudáveis	14	1x2min	200/antebraço	10 sec	CVM	Contração Isométrica	Aumentou força de contração isométrica voluntária máxima.
2014 Barbosa	Prensão de Mão	Saudáveis	9 13	3x5min	200/coxa	25min	Pressão de mão rítmica	Tolerância exercício	Atrasou fadiga.
2010 De Groot	Ciclismo	Saudáveis	15	3x5min	220/coxa	5 min	Incremental máximo	Potência VO _{2max} Lactato	Aumentou Potência; Aumentou VO _{2max} .
2011 Crisafulli	Ciclismo	Saudáveis	17	3x5min	50>PAS/coxa	5min	Incremental máximo	VO _{2max} Carga de Trabalho	Não houve diferenças VO _{2max} ; Aumentou tempo total trabalho; FCmáx., carga máx. de trabalho; Carga de trabalho.
2011 Barr	Ciclismo	Ativos	24	3x5min	220/coxa	20min	Wingate	Pico de Força Média de Força Índice de Fadiga	Não teve efeito sob índice de fadiga e potência.
2011 Foster	Ciclismo	Ciclistas Amadores	8	4x5min	20>PAS/coxa	90 min	100KJ Hipóxia 100 KJ Normóxia	Contrarrelógio	Atenuou hipóxia.

Tabela 1. Características dos estudos que investigaram o efeito da RFS sobre o desempenho. (continuação...)

Autor	Teste	Amostra	n	Protocolo RFS/PCI	Pressão mmHg	Tempo para teste	Protocolo Teste	Variável analisada	Efeito
2012 Clevidence	Ciclismo	Ciclistas	20	3x5min	220/coxa	5min	Incremental+90% MAP	Tolerância exercício	Não melhorou desempenho.
2014 Paixao	Ciclismo amadores	Ciclistas	15	4x5min	250/coxa	12min	3 Wingate/10 min de intervalo	Força Máx. 1 Força Média 1 Força Média 2	Não melhorou desempenho.
2015 Patterson	Ciclismo	Ativos em esportes de <i>Sprint</i>	14	3x5min	220/coxa	45min	12 x 6 <i>sprints</i> 30" intervalo	Pico de Potência $\dot{V}O_2(1.min-1)$	Melhorou potência.
2015 Hittinger	Ciclismo	Ciclistas altamente treinados e triatletas	15	4x5min	10-20>PAS /coxa	10min	Incremental normóxia Incremental hipóxia	Potência aeróbia máxima	Não melhorou desempenho.
2015 Lalonde	Ciclismo	Saudáveis	17	4x5min	50>SAP braço direito	~10min ~40min	Progressivo 6x6s Wingate	Pico de Potência Potência Média	Não melhorou desempenho.
2015 Cruz	Ciclismo	Ciclistas recreacionalmente treinados	12	-	220	36min	Teste incremental	Percepção subjetiva de esforço (PSE) Eletrmiografia de superfície Consumo de oxigênio($\dot{V}O_2$)	Atenuou o aumento da PSE. Melhorou $\dot{V}O_2$.
2015 Kraus	Ciclismo	Adultos ativos recreacionalmente	14	4x5min	-	15min	4 Wingate 2' intervalo	Pico de potência Potência média Índice de fadiga	Aumentou potência.
2015 Kido	Ciclismo	Saudáveis	15	3x5min	>300/coxa	12min	Exercício intensidade severa	Tempo até exaustão	Melhorou desempenho.

Tabela 1. Características dos estudos que investigaram o efeito da RFS sobre o desempenho. (continuação...)

Autor	Teste	Amostra	n	Protocolo RFS/PCI	Pressão mmHg	Tempo para teste	Protocolo Teste	Variável analisada	Efeito
2011 Jean-St-Michel	Natação	Nadadores elite	18 16	4x5min	15>PAS/braço	~45min	100m	Tomada de tempo	Melhorou tempo de exercício.
2015 Marocolo	Natação	Atletas Recreacionais	15	4x5min	220/braço	15min	100m contrarrelógio	Contrarrelógio	Não melhorou desempenho.
2012 Bailey	Corrida	Saudáveis	13	4x5min	220/coxa	20min ~90min	Incremental 5 Km	V. aeróbia máxima Contrarrelógio	Atenuou lactato em teste incremental. Melhorou tempo.
2014 Foster	Corrida	Saudáveis	12	5 dias- 4x5min	220/coxa	-	12.8 Km	Contrarrelógio	Atenuou hipóxia. Melhorou saturação de oxigênio.
2015 Tocco	Corrida	Corredores altamente treinados	11	3x5min	50>PAS/coxa	5min	5 Km	Contrarrelógio Velocidade (m.s ⁻¹) m $\dot{V}O_2$ (l.min ⁻¹)	Não melhorou desempenho.
2017 Paton	Corrida	Saudáveis	16	4 semanas treinamento com oclusão	Pressão percebida de 7 (1-10) coxa	Testes realizados pré e pós intervenção	Incremental Tempo até exaustão	Pico de Velocidade $\dot{V}O_{2max}$ Ventilação Economia de Corrida	Não melhorou desempenho.
2013 Gibson	<i>Sprint</i>	Atletas de esportes Coletivos	25	3x5min	220/coxa	16min	10 m <i>sprint</i> 20 m <i>sprint</i> 30 m <i>sprint</i>	Tempo	Não melhorou desempenho. - -
2015 Gibson	<i>Sprint</i>	Participantes treinados	16	3x5min	220/coxa	~11min	<i>Sprint</i> 5 x 6s 24s de intervalo	Pico potência Potência média	Não melhorou desempenho.
2014 Kjeld	Remo Apneia Apneia	Remadores Mergulhadores Mergulhadores	14 6 11	4x5min	40>SAP/ antebraço	30min	Contrarrelógio Apneia Estática Apneia Dinâmica	1000 m Tolerância exercício Distância	- Aumentou tempo apneia. Aumentou tempo nado.
2020 Held	Remo	Remadores de elite	31	2x10min	Faixas elásticas monitorado ultrassom	Durante treinamento 5 semanas	Incremental remo 1RM	$\dot{V}O_{2max}$ Squat test	Aumentou $\dot{V}O_{2max}$. Não alterou força de agachamento.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Tipo de estudo

A presente pesquisa foi conduzida a partir de delineamento crossover, randomizado e balanceado.

4.2 Cuidados éticos

O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina (CAAE: 36312720.9.0000.5231) e conduzido dentro das especificações da resolução 466/2012 e 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde. Antes do início dos procedimentos para a coleta de dados, todos os participantes foram esclarecidos sobre a relevância, os objetivos, os procedimentos e os possíveis riscos relacionados à participação do estudo, e então assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

4.3 Critérios de inclusão e exclusão

Foram incluídos participantes com idades entre 18 e 35 anos que tinham experiência prévia em corrida. Além disso, deveriam possuir um tempo de ≤ 50 min em provas de corrida de rua de 10 km. Foi excluído um participante que não conseguiu realizar os testes no dia ou período solicitado. As informações acima foram obtidas a partir de relatos dos próprios participantes.

4.4 Amostra

Inicialmente foram recrutados 13 voluntários para participarem do estudo, um realizou apenas um teste e não compareceu a terceira sessão. Desta forma, 12 voluntários (idade: $26,4 \pm 4,7$ anos; massa corporal: $70,96 \pm 6,12$ kg; estatura: $1,74 \pm 0,03$ m; tempo de experiência: $4,5 \pm 3,4$ anos; tempo da última prova realizada de 10 km: $42,67 \pm 7,06$ min) participaram do presente estudo. Os dados de experiência e prova de 10 km foram autorrelatados pelos participantes.

Para categorização dos participantes foi utilizada a calculadora *World Master Athletics Age Grade Performance Tables (USA Track & Field USA Masters Age Grading)*. Essa classificação utiliza como critério o recorde mundial e a idade em relação ao desempenho atual do corredor. O escore subdivide os corredores em cinco níveis de desempenho: 100% - *record* mundial; > de 90% - nível mundial; > 80% - nível nacional; > 70% - nível regional, > 60% - nível local. Corredores que possuem um escore $\leq 60\%$ são considerados como recreacionais (AGE GRADING CALCULATOR | RUNBUNDLE, 2021). Dos 12 participantes, 6 foram classificados como corredores competidores de nível regional e 6 como corredores recreacionais.

O cálculo do tamanho da amostra foi estimado usando o software G*Power (versão 3.1.9.2). Foi estimado um tamanho da amostra de 12 participantes considerando um poder estatístico de 80% e um nível alfa de 5%, com um tamanho de efeito de 0,80, tendo um poder real de 0,83.

4.5 Desenho experimental

Na primeira sessão os participantes leram, esclareceram dúvidas e assinaram o TCLE. Em seguida, foram mensuradas as variáveis antropométricas (massa corporal e estatura), e realizada a sessão de familiarização da pista de atletismo do complexo esportivo José Antônio Basso (Lagoão), Apucarana, Paraná (11 dos 12 participantes já haviam treinado nesta pista), e ancoragem da escala de percepção subjetiva de esforço 6-20 (PSE).

Na segunda e terceira sessão experimental, os testes foram realizados no mesmo período do dia, com os horários muito próximos para cada participante (± 1 hr), com o mínimo de 3 h pós-prandial. Aos participantes foi solicitado comparecerem ao local dos testes, hidratados e descansados, com intervalo mínimo de 24 h sem realização de atividades físicas vigorosas. Abster-se da ingestão de cafeína e álcool no mínimo 6 h e 24 h antes de cada teste, respectivamente.

Segue abaixo a ilustração do desenho experimental empregado nas sessões experimentais (Figura 2).

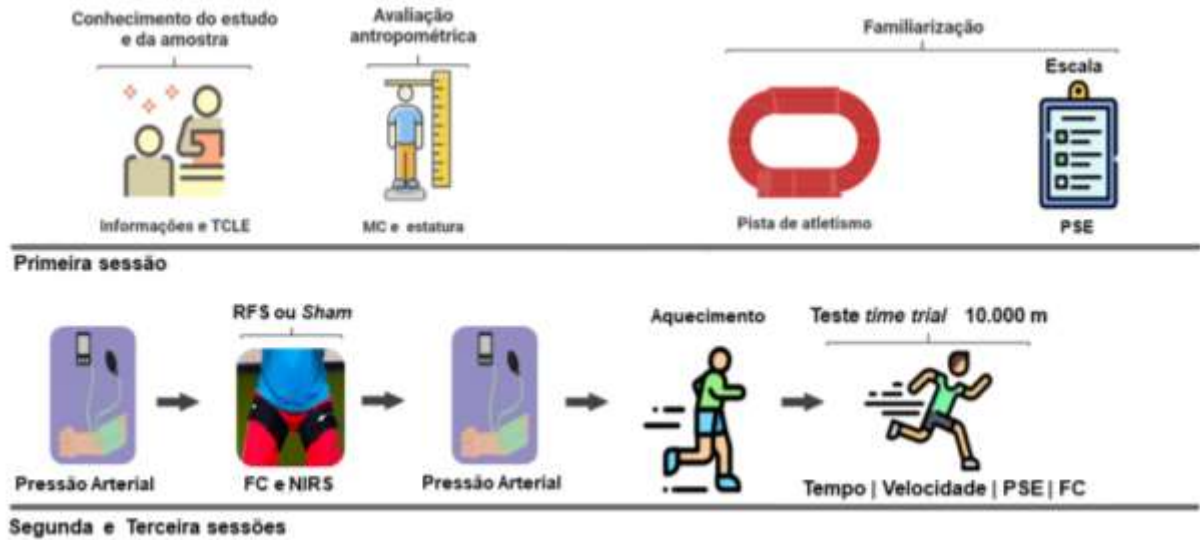


Figura 2. Ilustração do desenho experimental.
Fonte: Autores.

Para iniciar a sessão experimental, foi colocada uma cinta peitoral com sensor para captar e monitorar a FC através de um transmissor de frequência cardíaca (Polar V800, Polar Electro Oy, Kempele, Finlândia). Posteriormente, o participante deitou em decúbito dorsal e foi mensurada a pressão arterial (PA) (Omron Hem-7200, China) após 5 min. Então, foi dado início ao procedimento da RFS (De Groot *et al.*, 2010; Rosenberry *et al.*, 2018), colocou-se um manguito pneumático na porção proximal das duas coxas, logo abaixo da prega glútea (Figura 3).

Figura 3. Imagem real durante o procedimento de oclusão arterial.



Fonte: Autores.

O manguito tem conexão com um sistema automático de rápida insuflação, ocorrendo em apenas 2 segundos, bem como a desinsuflação (GerarMatic, AAMED[®], São Paulo, Brasil). Em cada teste experimental (RFS), o manguito foi insuflado a pressões supra sistólicas (~220mmHg) por três vezes durante cinco minutos e esvaziado instantaneamente com intervalo para reperfusão de 5 minutos. Este procedimento é conhecido como pré condicionamento isquêmico (Tocco *et al.*, 2015; Cruz *et al.*, 2015). Este protocolo (três ciclos de 5 min de isquemia nos membros, intercalados com 5 min de reperfusão), foi escolhido por dois motivos principais. Primeiro, foi aplicado com sucesso em estudos que investigaram os efeitos ergogênicos do PCI (Foster *et al.*, 2014; Jean-St-Michel *et al.*, 2011; Kjeld *et al.*, 2014; Patterson *et al.*, 2015). E, ainda, estudos clínicos apontam que no mínimo três ciclos de isquemia-reperfusão são necessários para proteger contra necrose muscular e disfunção endotelial, após isquemia imposta por períodos prolongados (Loukogeorgakis *et al.*, 2007; Pang *et al.*, 1995). A técnica de RFS aplicada nos membros compreendendo de três a cinco ciclos de 5 min oclusão, foi considerada segura e bem tolerada em pacientes e pessoas saudáveis (Koch *et al.*, 2011; Gonzalez *et al.*, 2014; Li *et al.*, 2015). A fim de monitorar a oclusão de sangue no membro, foi posicionado no músculo vasto lateral da coxa direita na porção medial, um aparelho (Portamon, Artinis Medical System, Elst, The Netherlands) que utiliza a espectroscopia por infravermelho proximal (NIRS). Dados de um sujeito (Figura 4).

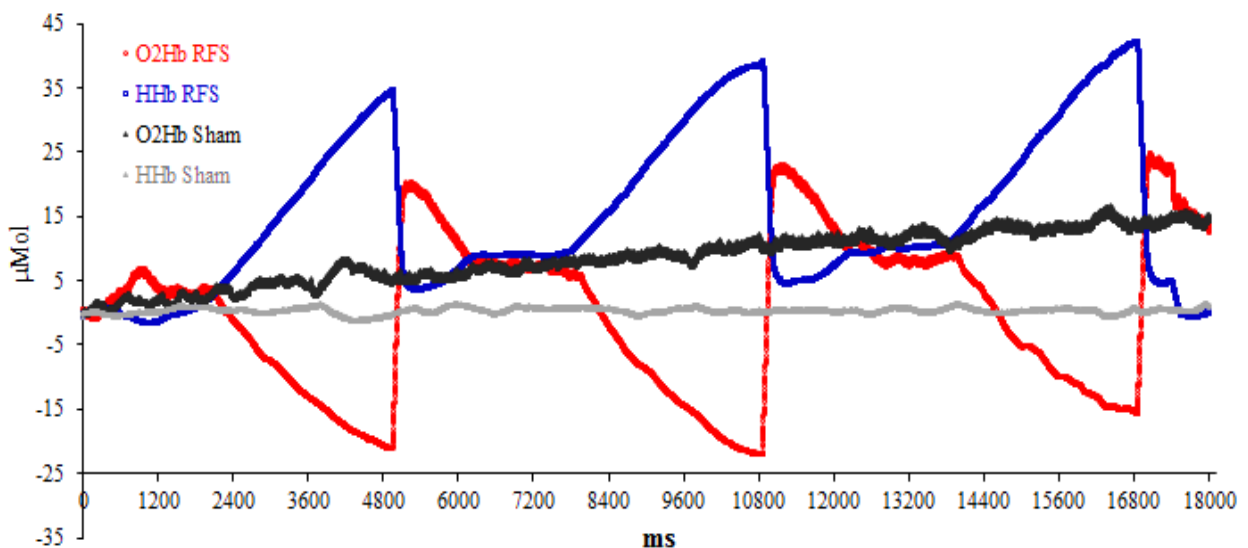


Figura 4. Gráfico real de um participante. Dados são referentes as variáveis da oxigenação muscular, oxihemoglobina (O2Hb) e deoxihemoglobina (HHb). A plotagem gráfica mostra uma queda constante na O2Hb e simultaneamente uma elevação constante na HHb quando a oclusão é acionada a ~220mmHg (RFS) durante 5 minutos. Após cada liberação instantânea da pressão (durante 5 minutos), ocorre a hiperemia reativa da O2Hb, na HHb os níveis caem e ficam um pouco acima dos valores iniciais. Na condição Sham (~20mmHg), há uma leve elevação constante da O2Hb sem alteração quando o manguito foi inflado e a HHb não teve nenhuma alteração.

A técnica NIRS foi aplicada para verificar a oclusão arterial quando simultaneamente a oxihemoglobina (O₂Hb) diminuir e a deoxihemoglobina (HHb) inversamente aumentar, constando um aumento no consumo de oxigênio muscular sem haver entrada e saída do fluxo sanguíneo no membro ocluído. Além disso, pôde-se constatar a ocorrência de hiperemia reativa, instantaneamente a desinsuflação do manguito.

Os dados da NIRS foram captados no total de 30 min, sendo 3 min de repouso em decúbito dorsal, durante o procedimento (3 x 5min oclusão ou *Sham* / 5 min recuperação) e 2 min após esvaziado o manguito da última série de oclusão ou *Sham*. Novamente, foi mensurada a pressão arterial, e, posteriormente, foi retirado todo o aparato do participante e iniciado um aquecimento padronizado, que consistiu na mobilização das articulações dos membros inferiores, exercícios coordenativos e corridas curtas em progressão de velocidade. Em média, o aquecimento durou 12 min. Em seguida, foi realizada a corrida de 10 km (Figura 5). O participante foi instruído a concluir o teste no menor tempo possível (*Time Trial*), e sempre na raia 1, completando a distância após 25 voltas. O feedback da distância percorrida foi apresentado a cada 5 voltas e faltando uma volta para completar o teste. Foi recordado o tempo total de prova e PSE a cada volta (400 m). Não foi reportado ao participante o tempo de teste até que finalizasse todas as sessões experimentais, para evitar interferências, como motivação em melhorar o tempo do teste anterior.



Figura 5. Imagem real do teste contrarrelógio durante uma volta da corrida de 10 km.

Fonte: Autores.

A FC foi mensurada durante todo o teste. Todos os procedimentos realizados na sessão *Sham* foram idênticos à RFS, exceto no momento de inflar o manguito (20mmHg), no qual não gerou oclusão da circulação sanguínea nos membros inferiores (sessão controle). O procedimento de oclusão e *Sham* foram realizados dentro do ginásio de esportes, a pista de atletismo fica anexa. Nas sessões de oclusão os participantes reportaram apenas sentir um pulso no local onde o manguito estava posicionado, e não reportaram nenhum incômodo.

Todas as sessões experimentais foram realizadas no mesmo período do dia (diferença máxima de 1h \pm), com objetivo de ter condições climáticas muito próximas entre uma sessão e a oposta. O intervalo entre as sessões foram de no mínimo 48 horas e máximo de 7 dias. Os participantes foram instruídos a manterem a rotina nutricional e de treinos, e não realizarem treinos adicionais ou de alta intensidade entre as sessões. A temperatura ambiente foi registrada nas condições experimentais RFS e *Sham*, a fim controlar as condições ambientais nas sessões experimentais. Em uma ocasião a segunda sessão de um participante foi adiada em função da temperatura estar muito abaixo da registrada na primeira sessão experimental. Um participante refez o teste na condição experimental RFS, pois fortes dores na região lombar influenciaram seu desempenho na primeira sessão. Os dados do teste válido foram devidamente incluídos.

4.6 Análise estatística

Os dados estão apresentados em média e desvio padrão (DP). Inicialmente, a normalidade dos dados foi observada pelo teste de *Shapiro-Wilk*. O teste *t* de *Student* pareado foi utilizado para comparar o efeito da intervenção experimental RFS *versus Sham* no desempenho do teste de corrida contrarrelógio *outdoor* de 10 km (tempo total), comparar o tempo das parciais (metade e quartis), e também para comparar a temperatura ambiente. O teste *ANOVA two-way* com medidas repetidas [2 condições (RFS x *Sham*) x km] foi utilizado para verificar diferenças nas variáveis tempo e velocidade por km, FC, PSE (volta 400m), e PA [2 condições (RFS x *Sham*) x momento pré-pós]. A esfericidade dos dados foi verificada utilizando o teste de *Mauchly*, e a correção de *Greenhouse-Geisser* foi utilizada quando os pressupostos de esfericidade não foram atendidos. O *post-hoc* de *Bonferroni* foi utilizado quando foram encontradas diferenças. Para análise do tamanho do efeito nas análises *ANOVA* foi utilizado o *eta* parcial ao quadrado (η^2) (classificado como pequeno: 0,01; moderado: 0,06; grande: > 0,14). Foi realizada para a principal variável, a análise do tamanho de efeito das diferenças médias padronizadas, como proposto por [Cohen \(1988\)](#). Adotou-se como critério de classificação: < 0,2 - trivial; 0,2 a 0,49 - pequeno; 0,5 para 0,79 - médio; \geq 0,8 - grande. Para

analisar a responsividade inter-individual, foi utilizado a mínima mudança detectável (MMD), que é a mínima mudança necessária para ter confiança que os resultados não são variação aleatória ou erro de medição. O cálculo foi realizado através da seguinte fórmula: $MMD = z\text{-score (95\%IC)} \times EP \times \sqrt{2}$, de acordo com [Haley & Fragala-Pinkham \(2006\)](#); e [Darter, Rodriguez, Wilken \(2013\)](#). Os dados foram considerados estatisticamente significantes quando $P < 0,05$. As análises estatísticas foram realizadas no software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versão 20.0.

5 RESULTADOS

Características dos participantes

As características da amostra ($n = 12$) são apresentadas a seguir - idade: $26,4 \pm 4,7$ anos; massa corporal: $70,96 \pm 6,12$ kg; estatura: $1,74 \pm 0,03$ m; tempo de experiência: $4,5 \pm 3,4$ anos; horas de treinamento por semana: $4,7 \pm 1,8$ horas; dias de treinamento por semana: $3,9 \pm 0,8$ dias). A temperatura ambiente registrada durante os testes de corrida de 10 km, não constatou-se diferenças significativas entre as condições experimentais RFS e *Sham* ($20,5 \pm 4,7$ °C e $21,17 \pm 2,79$ °C, respectivamente; $P = 0,347$).

Desempenho no teste contrarrelógio 10 km

Os dados médios obtidos em cada condição experimental, e de cada participante em relação ao tempo para a realização do teste de corrida contrarrelógio de 10 km são apresentados na figura 6, e indicam valor significativamente menor para a intervenção com RFS comparada a *Sham* (RFS: 2674 ± 405 s vs *Sham*: 2701 ± 400 s; $t = -2,589$; $P = 0,02$; $d = 0,75$; tamanho do efeito: médio) (Figura **6A**).

Considerando a classificação feita através da *World Master Athletics Age Grade Performance Tables*, que permitiu distinguir dois grupos entre os participantes do estudo, os “competidores” ($n = 6$) e “recreacionais” ($n = 6$), foi possível constatar diferença significativamente menor para a condição RFS no tempo de corrida, para o grupo “competidores” (RFS: 2334 ± 194 s vs *Sham*: 2366 ± 194 s; $t = -2,576$; $P = 0,05$). Para o grupo “recreacionais” não foi encontrada diferença significativa (RFS: 3014 ± 217 s vs *Sham*: 3035 ± 216 s; $t = -1,232$; $P > 0,05$) (Figura **6B**).

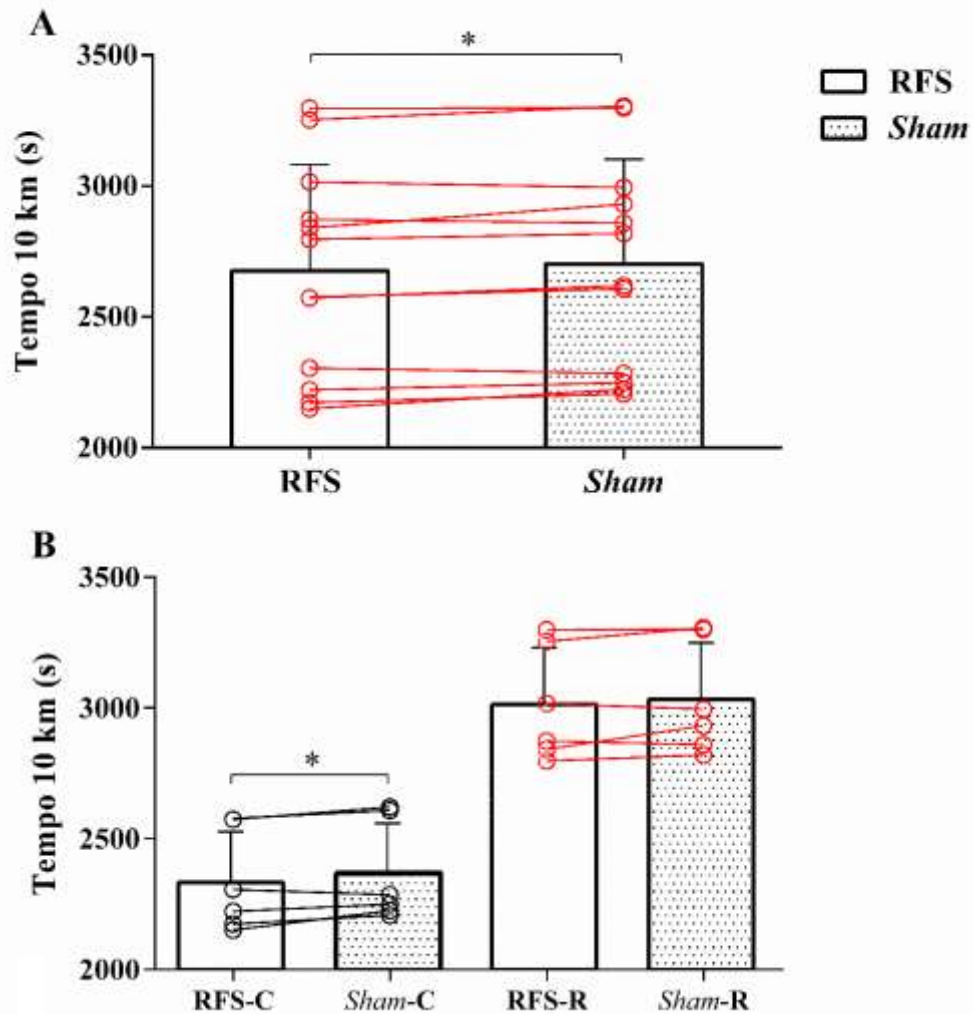


Figura 6. Comparação da RFS vs. Sham referente ao desempenho no teste de corrida contrarrelógio de 10 km. Dados médios de cada condição experimental e individuais, $n = 12$ (figura **A**) ($P = 0,02$). “Competidores” $n = 6$ (**C**) e “recreacionais” $n = 6$ (**R**) (figura **B**). * Diferença significativa entre as condições (RFS < Sham, $P < 0,05$).

Mínima mudança detectável (MMD)

O tempo do teste de corrida contrarrelógio foi menor durante a sessão de RFS. Independente da classificação da amostra, foi aplicada a “mínima mudança detectável”, com intuito de identificar o mínimo valor efetivo para performance no contexto esportivo, conforme sugerido por Hopkins (2015). O valor de MMD encontrado, foi de 19,96 segundos (Figura 7), assim, pode-se constatar que a maioria dos participantes (oito) tiveram desempenho melhorado (foram responsivos ao procedimento prévio de RFS), dois não foram responsivos e dois tiveram desempenho piorado.

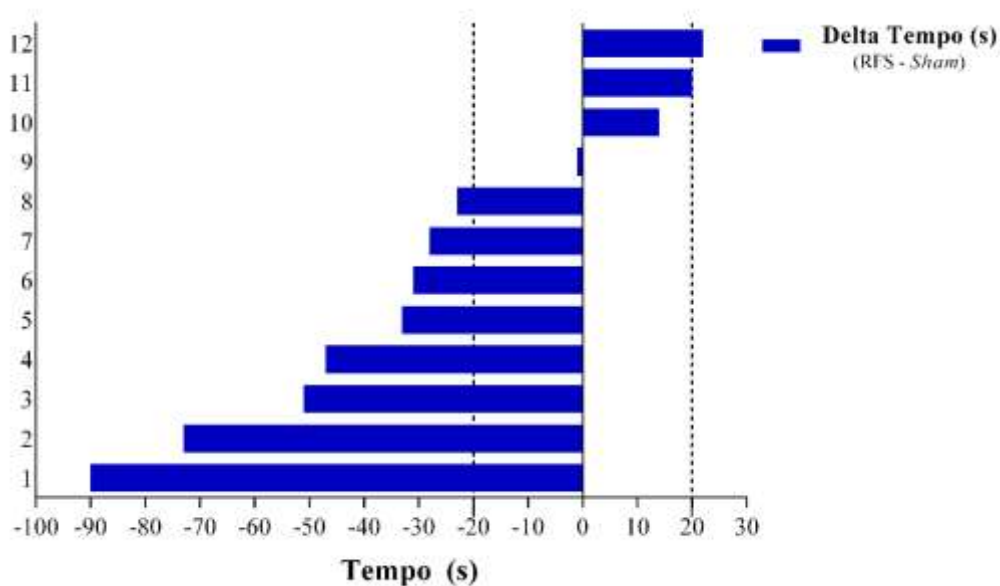


Figura 7. Mínima mudança detectável (MMD). Análise dos participantes “responsivos” ao procedimento RFS. Delta do tempo total do teste de corrida contrarrelógio de 10 km (sessões: RFS – Sham). Valores negativos que ultrapassaram a linha tracejada (MMD), correspondem a efeito positivo da aplicação da oclusão arterial previamente à corrida. Valores que não ultrapassaram qualquer uma das linhas tracejadas, não tiveram nenhum efeito. Valores que alcançaram e/ou ultrapassaram a linha positiva tracejada, tiveram efeito negativo sobre o procedimento de oclusão arterial.

Tempo por km durante a corrida de 10 km

Considerando o tempo (s) para cada km percorrido ao longo da prova de 10km, constatou-se efeito significativo, sendo que o tempo aumentou conforme os quilômetros foram completados, com exceção do último que diminuiu, tanto para o grupo total ($n = 12$; $F = 18,621$; $P = 0,001$; $\eta^2 = 0,629$) (Figura 8A), quanto para os “competidores” ($n = 6$; $F = 15,806$; $P = 0,001$; $\eta^2 = 0,760$) e “recreacionais” ($n = 6$; $F = 10,661$; $P = 0,01$; $\eta^2 = 0,681$) (Figura 8B). O tempo/km foi significativamente menor para a condição experimental RFS, no grupo total ($F = 7,383$; $P = 0,02$; $\eta^2 = 0,402$) e “competidores” ($F = 6,971$; $P = 0,046$; $\eta^2 = 0,582$). O grupo “recreacionais” não apresentou diferença significativa entre as condições investigadas (RFS vs Sham) ($P = 0,18$). Ademais, não foram encontrados efeitos significantes de interação “tempo x condição” para os três grupos ($P > 0,05$).

A análise do último quilômetro considerando o acentuado declínio no tempo e maior intensidade, demonstrou para todos os grupos e condições experimentais, um tempo de corrida

significamente menor no décimo quilômetro comparado ao nono (RFS – 10 km: 263 ± 42 s vs 9 km: 275 ± 44 s; e *Sham* – 10 km: 271 ± 42 vs 9 km: 277 ± 44 s para o grupo total, $P < 0,001$); competidores (RFS – 10 km: 229 ± 18 s vs 9 km: 238 ± 18 s, $P = 0,01$; e *Sham* – 10 km: 237 ± 22 vs 9 km: 242 ± 20 s, $P = 0,03$); recreacionais (RFS – 10 km: 298 ± 26 s vs 9 km: 312 ± 25 s, $P < 0,001$; e *Sham* – 10 km: 304 ± 28 vs 9 km: 311 ± 31 s, $P = 0,01$). Para comparar as condições experimentais, foi calculado o delta (Δ) entre os tempos médio do décimo e nono quilômetro. O grupo total apresentou um delta de tempo significamente maior para a condição RFS comparado a condição *Sham* ($\Delta = -12 \pm 5$ s vs $\Delta = -6 \pm 4$ s; $P = 0,007$; respectivamente). Os grupos competidores e recreacionais não apresentaram diferença significativa no delta de tempo entre as condições experimentais ($P > 0,05$).

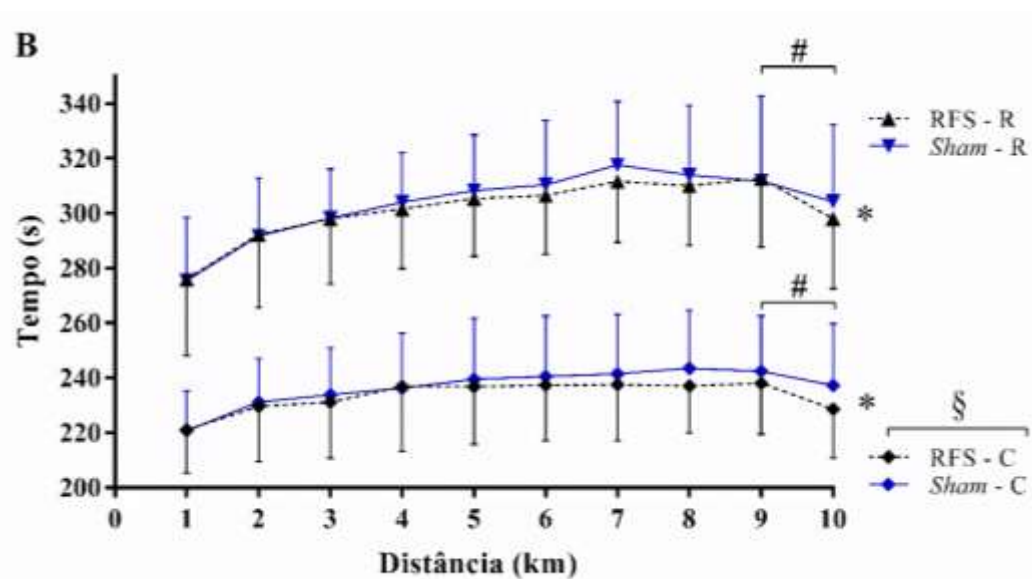
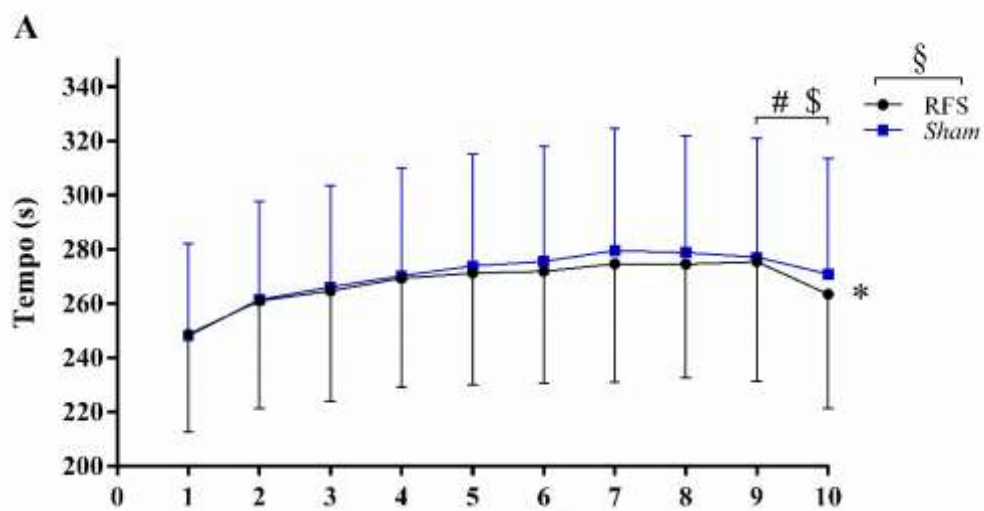


Figura 8. Tempo (s) por km no teste de corrida de 10 km contrarrelógio. (A) dados do grupo total n = 12. (B) grupos “competidores” n = 6 (C) e “recreacionais” n = 6 (R). *efeito significativo do tempo para os três grupos (total, competidores e recreacionais; $P < 0,05$). §diferença significativa entre as condições para o grupo total e “competidores” ($P < 0,05$: RFS < Sham). Não houve interação significativa “tempo x condição” ($P > 0,05$), para nenhum grupo. #Δ entre o décimo e nono quilômetro para todos grupos e condições. Delta significativamente maior para o 10º km ($P < 0,05$). §diferença entre as condições experimentais sobre o delta entre o décimo e nono quilômetro ($P < 0,01$ [RFS < Sham]).

Parciais do teste de contrarrelógio de 10 km

Considerando os achados apresentados na figura 6A, buscou-se identificar os momentos chaves no percurso dos 10 km onde a RFS poderia ter acentuado a performance dos participantes, e por isso foram analisados os tempos de corrida parciais ao longo do teste. A primeira análise consistiu em comparar as condições experimentais em separado a primeira e segunda metade do teste de corrida de 10 km (RFS vs Sham nos 5 kms iniciais e 5 kms finais). As condições experimentais não tiveram diferença significativa de tempo nas parciais metade 1 ($P = 0,54$) e metade 2 ($P = 0,07$).

De forma mais específica, o teste de corrida contrarrelógio foi dividido em quartis, em quatro parciais de 2,5 kms. A comparação entre as condições, apontou que a RFS no terceiro quartil teve um tempo parcial de corrida significativamente menor que Sham ($t = -2,309$; $P = 0,04$), de forma que os demais quartis não apresentaram diferença significativa ($P > 0,05$) (tabela 2).

Tabela 2 – Tempo nas parciais (metade 1 e 2, e quartis 1, 2, 3 e 4) nos testes contrarrelógio de 10 km

Parcial do Tempo	Condição experimental		Valor de P
	RFS(s)	Sham(s)	
1ª metade (0 a 5 km)	1315 ± 196	1320 ± 187	0,54
2ª metade (5 a 10 km)	1360 ± 214	1382 ± 216	0,07
Quartil 1 (0 a 2,5 km)	642 ± 95	643 ± 89	0,87
Quartil 2 (2,5 a 5 km)	673 ± 101	677 ± 100	0,34
Quartil 3 (5 a 7,5 km)	684 ± 107	694 ± 109	0,04*
Quartil 4 (7,5 a 10 km)	676 ± 108	687 ± 108	0,15

Obs: valores apresentados em média e desvio padrão (± DP). * $P < 0,05$.

Velocidade por km durante a corrida de 10 km

Em relação a velocidade/km ao longo da prova de corrida de 10 km, existiu efeito significativo do tempo para o grupo total ($n = 12$; $F = 24,254$; $P = 0,001$; $\eta^2 = 0,688$) (Figura 9A), dos “competidores” ($n = 6$; $F = 16,897$; $P = 0,001$; $\eta^2 = 0,772$) e dos “recreacionais” ($n = 6$; $F = 9,559$; $P = 0,01$; $\eta^2 = 0,657$) (Figura 9B). Houve uma velocidade significamente maior para a condição RFS, comparada a condição *Sham*, somente para o grupo total ($F = 7,211$; $P = 0,02$; $\eta^2 = 0,396$). Não foram encontrados efeitos da interação “momento x condição” em nenhum dos três grupos ($P > 0,05$).

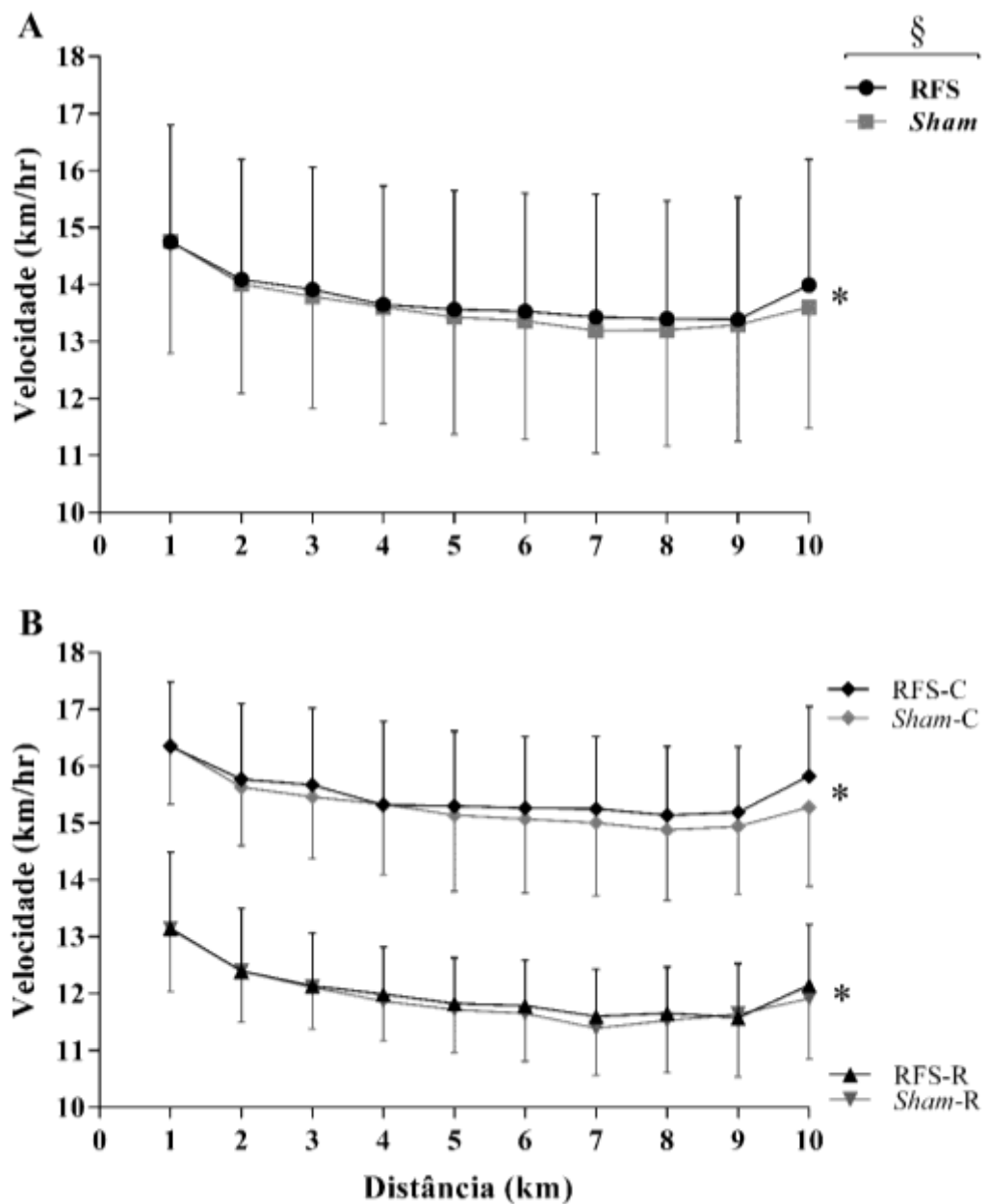


Figura 9. Velocidade por km no teste de corrida de 10 km contrarrelógio. (A) dados do grupo total $n = 12$; (B) “competidores” $n = 6$ (C) e “recreacionais” $n = 6$ (R). *efeito significativo do tempo para no grupo total, competidores e recreacionais ($P < 0,05$). §diferença significativa entre condição experimental (RFS vs Sham: $P < 0,05$). Não houve interação *tempo x condição* ($P > 0,05$).

Frequência cardíaca (FC)

Os valores da FC foram apresentados a partir da média de 15s de cada ponto analisado. A comparação durante os procedimentos (RFS e Sham), não apresentou diferença significativa na FC ($P = 0,26$). Durante os testes contrarrelógio de corrida 10 km, existiu um efeito significativo do tempo ($F = 7,601$; $P < 0,007$; $\eta^2 = 0,409$). Entre as condições (RFS vs Sham), a FC foi significativamente maior do 2º ao 10º km durante a corrida de 10 km quando os participantes foram submetidos a oclusão ($F = 8,097$; $P = 0,02$; $\eta^2 = 0,424$). A interação “tempo x condição” não apresentou significância ($P > 0,05$), (Figura 10A). Ainda, a FC foi normalizada a partir dos valores precedentes ao início do teste (~15s antes de iniciar a corrida). Por conseguinte, foi reportada a “amplitude” da FC, que teve apenas efeito significativo do tempo ($F = 7,834$; $P = 0,007$; $\eta^2 = 0,416$) (Figura 10B).

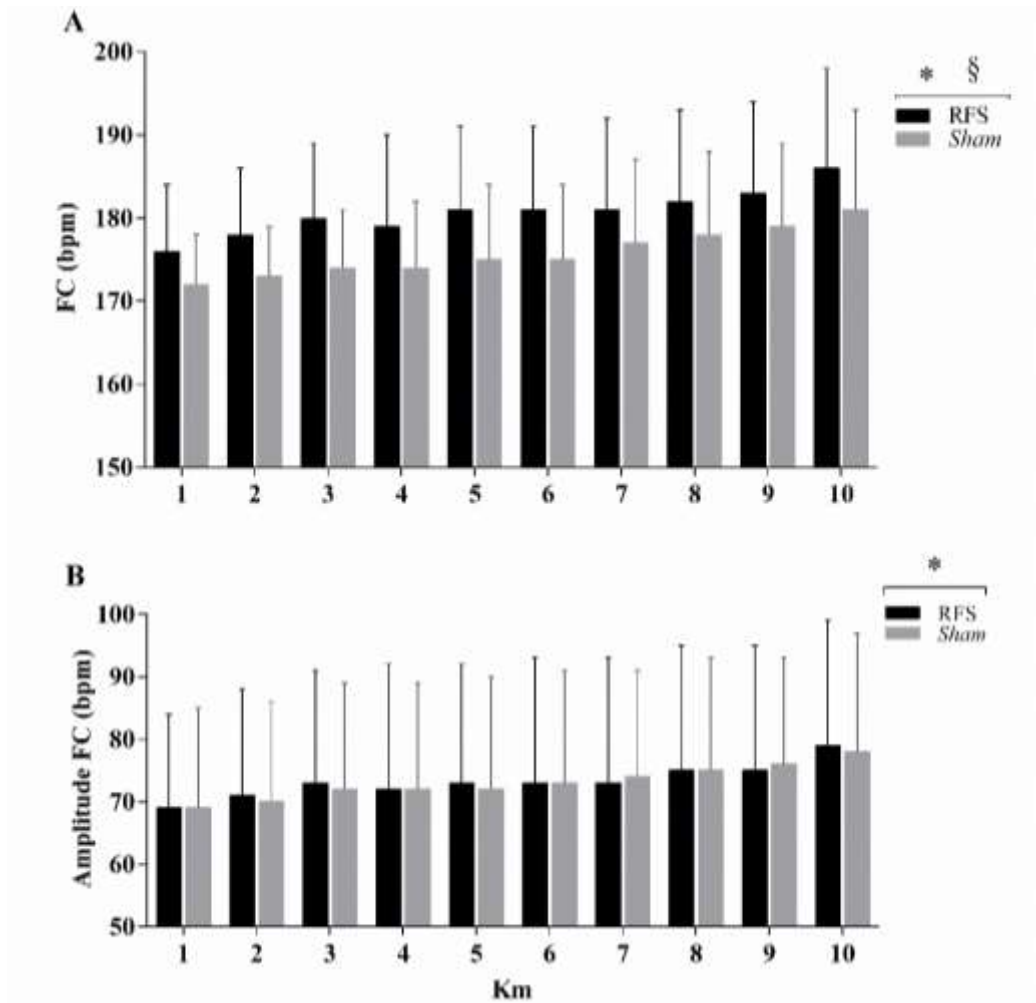


Figura 10. Efeito da RFS e *Sham* na frequência cardíaca durante o teste de corrida contrarrelógio de 10 km. FC (A) e Δ FC (B – normalização pelos valores precedentes à corrida). *efeito significativo do tempo ($P < 0,05$); §efeito significativo entre as condições ($P < 0,05$ [RFS > *Sham*]). Não houve interação tempo x condição ($P > 0,05$).

Não houve diferença significativa entre as condições experimentais e interação “tempo x condição”. Durante a fase de recuperação do teste de corrida de 10 km, a FC foi monitorada por 10 minutos. Foram analisados os momentos, inicial da recuperação (0), 1, 3, 5 e 10 minutos. Apenas o momento “0” apresentou diferença entre as condições (RFS vs *Sham*), sendo a FC maior na condição RFS ($t = 2,786$; $P = 0,02$). A diferença pode ser oriunda da maior FC registrada para condição RFS no final do teste de contrarrelógio, dado que os demais momentos da recuperação não apresentaram diferenças significantes ($P > 0,05$).

Percepção subjetiva de esforço (PSE)

Existiu um efeito significativo do tempo para a PSE durante os testes de corrida de 10 km (RFS e *Sham*), para todos os grupos. “Total” ($n = 12$; $F = 62,011$; $P < 0,001$; $\eta^2 = 0,849$) (Figura 11A). Grupo “competidores” ($n = 6$; $F = 26,803$; $P = 0,002$; $\eta^2 = 0,843$) (Figura 11B). Grupo “recreacionais” ($n = 6$; $F = 30,609$; $P = 0,001$; $\eta^2 = 0,860$) (Figura 11C). Não houve diferença significativa entre as condições ($P > 0,05$). E, também, não houve interação “tempo x condição”.

A análise da última volta (400m) em separado, demonstrou que entre as condições não houve diferença significativa ($P > 0,05$), embora os valores da condição RFS tenderam a ser inferiores na penúltima volta. Desse modo, uma análise entre as duas últimas voltas, mostrou um aumento significativo da PSE da penúltima para a última volta nas condições experimentais, no grupo “total” (RFS: $t = 2,345$; $P = 0,04$; e *Sham*: $t = 5,000$; $P = 0,001$) (Figura 11A), e “competidores” (RFS: $t = 4,000$; $P = 0,01$; e *Sham*: $t = 7,000$; $P = 0,001$) (Figura 11B). Nos “recreacionais” teve aumento significativo somente a condição *Sham* (RFS: $t = 1,342$; $P = 0,23$; *Sham*: $t = 3,162$; $P = 0,02$) (Figura 11C).

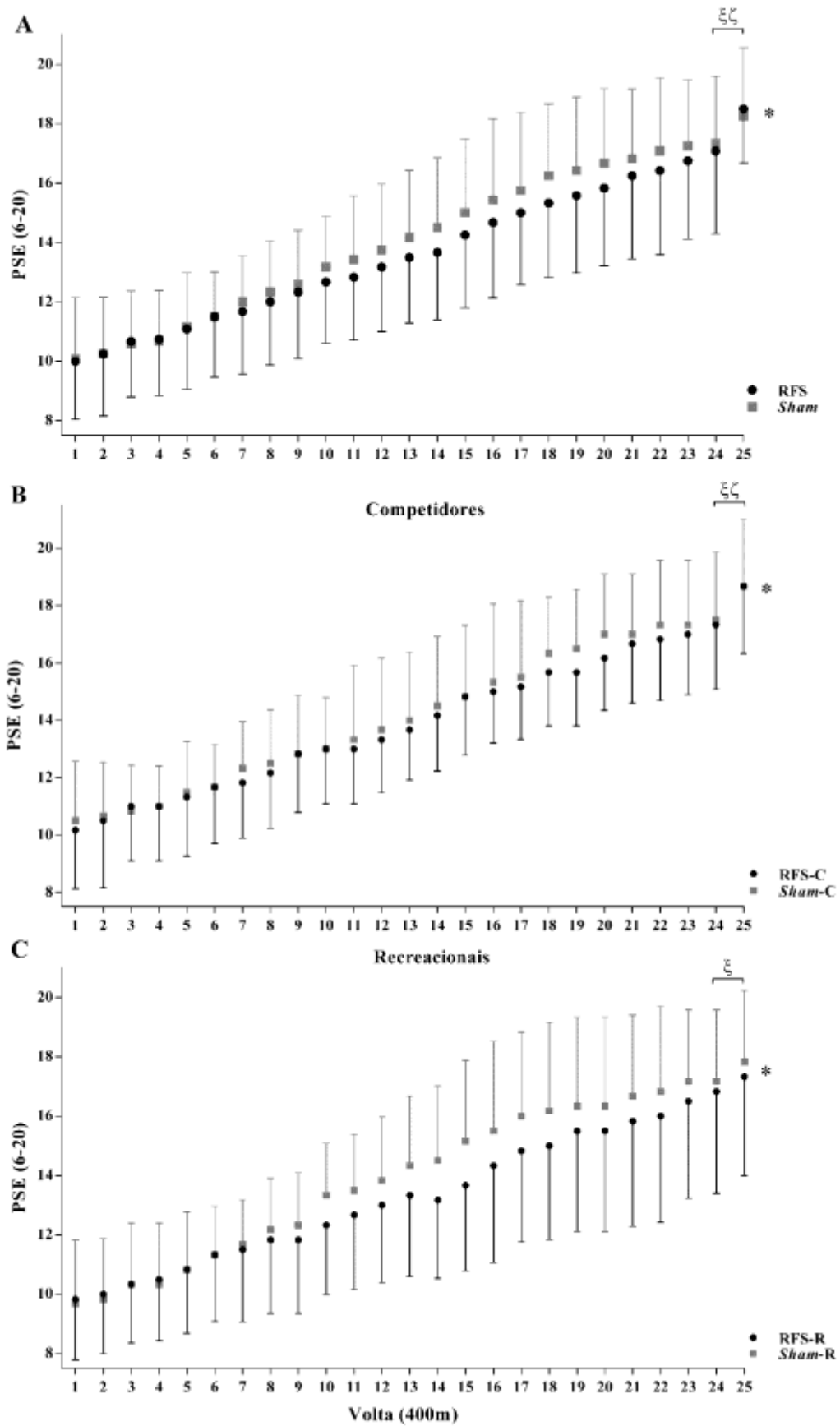


Figura 11. Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) nas sessões experimentais RFS e *Sham* durante o teste de corrida contrarrelógio de 10 km (volta 400m). PSE grupo total (A), “competidores” (B) e “recreacionais” (C). * efeito significativo do tempo ($P < 0,001$). ζ delta da PSE entre as duas últimas voltas para condição RFS. ξ delta da PSE entre as duas últimas voltas para condição *Sham*. Não houve diferença significativa entre as condições experimentais e interação “tempo x condição” ($P > 0,05$).

FC e PSE

Os conjunto de valores médio da FC foram significativamente maiores na sessão de oclusão (RFS: $181,2 \pm 9,9$ bpm vs *Sham*: $176,3 \pm 8,4$ bpm; $t = 2,902$; $P = 0,01$). Por outro lado, a PSE não apresentou diferença significativa (RFS: $14,4 \pm 1,8$ vs *Sham*: $14,8 \pm 1,8$; $t = -1,053$; $P = 0,315$) (Figura 12).

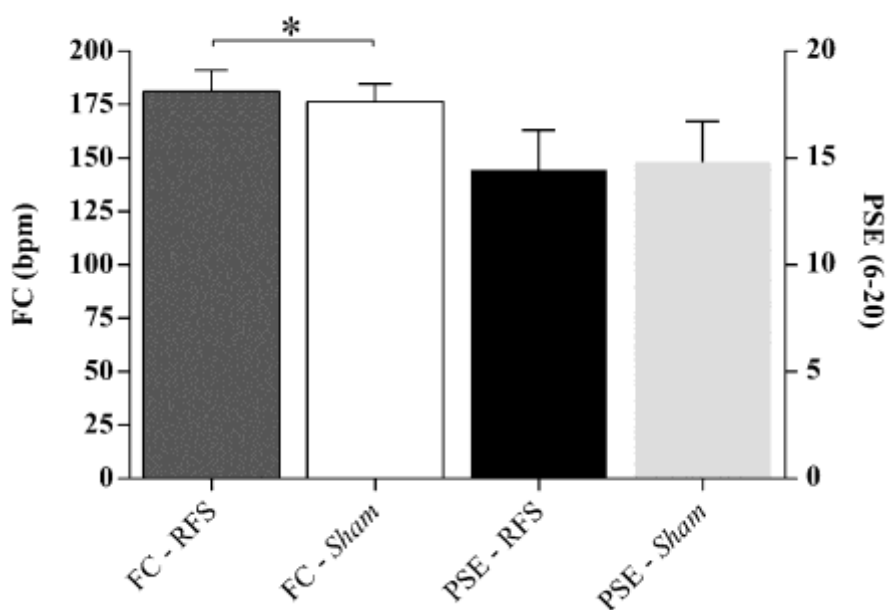


Figura 12. Valores médios das condições experimentais da FC e PSE. *diferença significativa entre as condições experimentais ($P < 0,05$).

Pressão Arterial

A pressão arterial (PA) foi mensurada antes e após o procedimento de RFS e *Sham*. As variáveis analisadas foram, pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD) e pressão arterial média (PAM), através da fórmula, $PAM = (PAD*2)+(PAS)/3$. As comparações entre os procedimentos RFS vs *Sham* para quase todas as variáveis não tiveram diferenças significantes (Tabela 3).

Tabela 3 – Variáveis da Pressão Arterial aferidas pré e pós procedimentos da RFS e *Sham*.

PA	Condição experimental vs Momento					
	RFS Pré	RFS Pós	<i>P</i>	<i>Sham</i> Pré	<i>Sham</i> Pós	<i>P</i>
PAS (mmHg)	142 ± 12	136 ± 9	0,009	138 ± 16	135 ± 13	0,47
PAD (mmHg)	76 ± 8	76 ± 10	0,96	70 ± 11	69 ± 13	0,55
PAM (mmHg)	98 ± 8	96 ± 9	0,18	93 ± 11	91 ± 12	0,46
PA	Momento vs Condição Experimental					
	RFS Pré	<i>Sham</i> Pré	<i>P</i>	RFS Pós	<i>Sham</i> Pós	<i>P</i>
PAS (mmHg)	142 ± 12	138 ± 16	0,19	136 ± 9	135 ± 13	0,79
PAD (mmHg)	76 ± 8	70 ± 11	0,06	76 ± 10	69 ± 13	0,08
PAM (mmHg)	98 ± 8	93 ± 11	0,04	96 ± 9	91 ± 12	0,15

Obs: valores apresentados em média e desvio padrão (± DP).

Somente a PAM antes de iniciar os procedimentos foi significativamente diferente, sendo a condição *Sham* menor que a RFS (Tabela 3). Após os procedimentos as diferenças significantes não ocorreram.

A PA aferida posteriormente à RFS e *Sham*, comparada com a aferição inicial, teve queda significativa na condição PAS-RFS (Tabela 3). As demais variáveis analisadas não tiveram diferenças significantes na comparação entre os momentos pré vs pós (PAS-*Sham*, PAD-RFS e *Sham*, e PAM-RFS e *Sham*: $P > 0,05$).

Oclusão dos Membros Inferiores

Conforme a figura ilustrativa 4, a oclusão dos membros inferiores foi aferida pelo equipamento de infravermelho proximal. A seguir, são apresentadas as variáveis de oxigenação (O_2Hb) e desoxigenação (HHb) muscular. Os valores médio da O_2Hb foram significativamente maiores no momento pós em comparação com o momento pré, na sessão de oclusão e *Sham* (RFS e *Sham*: $P < 0,001$). A comparação entre as condições experimentais, mostrou que no momento pré não houve diferença significativa ($P = 0,84$). Por outro lado, no momento pós a RFS foi significativamente maior que *Sham* ($P < 0,001$), demonstrando que não houve oclusão na sessão *Sham* (Figura 13A).

Em relação a variável desoxigenação muscular (HHb), os dados foram similares. A diferença para os valores médio da HHb foram significativamente maiores no momento pós em comparação com o momento pré, somente na sessão de oclusão (RFS: $P < 0,001$), para a condição *Sham* os valores não apresentaram diferença significativa (*Sham*: $P = 0,74$), demonstrando que não houve restrição de fluxo sanguíneo nessa condição experimental (Figura 4 e 13B). A comparação entre as condições experimentais, mostrou que no momento pré não houve diferença significativa ($P = 0,83$). Por outro lado, no momento pós a RFS foi significativamente maior que *Sham* ($P < 0,001$) (Figura 13B).

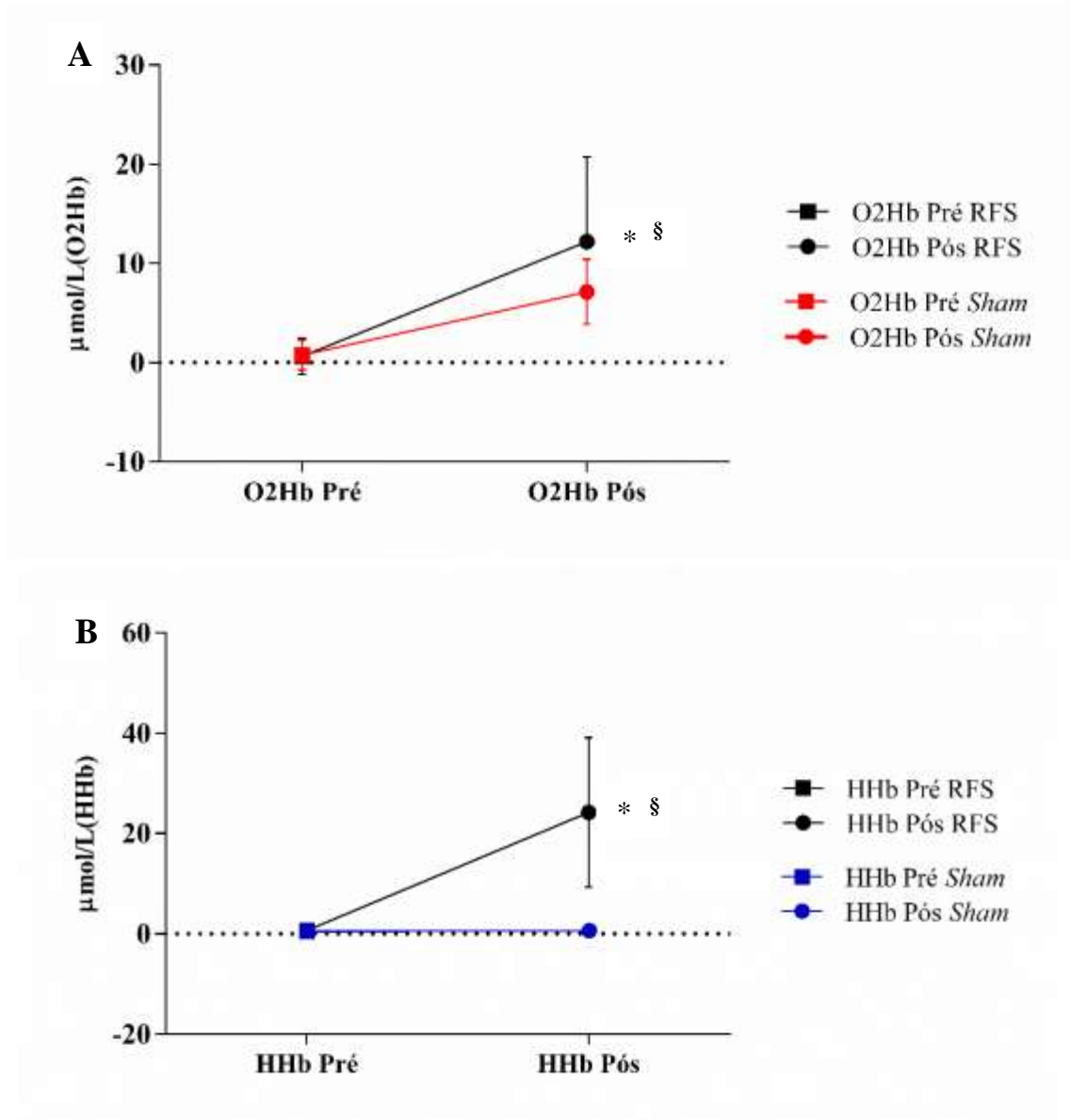


Figura 13. Variáveis de oxigenação (O₂Hb - oxihemoglobina) (A) e desoxigenação (HHb - deoxihemoglobina) (B) muscular. Valores médios das condições experimentais RFS vs Sham nos momentos pré e pós. *diferença significativa entre os momentos pré e pós. §diferença entre as condições experimentais ($P < 0,05$).

6 DISCUSSÃO

O presente estudo investigou a eficácia da aplicação da RFS nos membros inferiores sobre o desempenho e respostas psicofisiológicas em corrida contrarrelógio de 10 km. Nesse sentido, os resultados demonstraram que a RFS aplicada previamente ao teste de corrida melhorou o desempenho em corredores com nível para competições locais e regionais. Vários estudos experimentais e revisões, têm reportado que a RFS ou PCI, parece ser uma estratégia ergogênica eficaz em exercícios físicos e/ou na prática esportiva (De Groot *et al.*, 2010; Bailey *et al.*, 2012; Gibson *et al.*, 2015; Tocco *et al.*, 2015; Incognito, Burr, Millar, 2016; Scott, Peiffer, Goods, 2017; Seeger *et al.*, 2017; Paull e Van Guilder, 2019; Wiggins *et al.*, 2019; Caru *et al.*, 2019; Wortman *et al.*, 2021; Pignanelli, Christiansen, Burr, 2021; Ferguson *et al.*, 2021). Alguns estudos indicaram que a RFS foi capaz de melhorar o desempenho em corrida de tempo até a exaustão (Paton, Addis, Taylor, 2017; Paull e Van Guilder, 2019) e melhorar tempo do teste contrarrelógio realizado em esteira na distância de 5 km (Bailey *et al.*, 2012).

Por outro lado, outras investigações não encontraram melhora do desempenho na corrida de 5 km (Tocco *et al.*, 2015; Seeger *et al.*, 2017). Tocco *et al.* (2015) avaliou atletas altamente treinados submetidos a teste contrarrelógio de 5 km em pista de atletismo, e sugerem que as possíveis adaptações geradas pela RFS foram minimizadas pelas condições fisiológicas e de treinamento dos atletas investigados, em função de estarem muito próximo do “teto” de eficiência metabólica. No estudo de Seeger *et al.* (2017), não obtiveram melhora no desempenho de corrida em teste contrarrelógio de 5 km em esteira, devido a alta variabilidade no tempo de corrida de cada participante (variabilidade que ocorreu no presente estudo). A aptidão do atleta ou pessoa submetida a investigação da RFS parece ser um fator importante para obtenção de resultados positivos ou não. No presente estudo, tivemos melhora do grupo todo no tempo total do teste, porém, quando classificamos a amostra quanto ao nível competitivo, foi constatado que o grupo “competidores” que possuem nível para competições regionais e locais, foram os que tiveram ergogenicidade com a RFS. Parece haver uma atenuação da fadiga sobretudo no início da segunda metade do teste, quando a fadiga comumente acentua, e no último km quando a demanda de esforço aumenta. A RFS, através de um fornecimento de O₂ mais eficiente, parece tornar o atleta competidor mais econômico. De fato, quando os participantes do grupo “competidores” induziram o metabolismo a uma demanda maior de ATP, foi quando tiveram mais benefícios. Parece haver uma economia do sistema anaeróbio, frente a eficiência do sistema aeróbio, e quando a intensidade aumenta, há

reservas anaeróbias suficientes para sustentar a demanda de produção de ATP adicional. O grupo “recreacionais” não teve diferença. Corroborando a esta inferência, a análise das parciais de tempo da prova, apontaram diferença no terceiro quartil (5º ao 7,5ºkm), tendo a RFS menor tempo que a condição *Sham*. Conforme o estudo de [Tocco et al. \(2015\)](#) atletas de elite já utilizam todo o sistema fisiológico no máximo de sua capacidade, portanto, a RFS não teve efeito, pela condição que estão. Por outro lado, atletas que praticam corrida somente com intuito recreacional, também não obtiveram benefício. Portanto, o nível de aptidão física, seja pelo nível de treinamento ou mesmo genético, em função do protocolo aplicado neste estudo, pareceu ser determinante para a efetividade da RFS. Sendo que, pessoas que tem um nível de condicionamento físico intermediário parecem se beneficiar mais, pois quando necessário, conseguem imprimir mais esforço físico, e neste momento a aplicação da RFS tem uma implicação positiva para corrida de 10 km.

Os achados indicaram ainda, que houve maior benefício da RFS para a segunda metade do teste de corrida de 10 km contrarrelógio. No último quilômetro ficou evidente a influência do papel da RFS no final do teste. Quando os participantes foram submetidos a oclusão, o último km do teste foi realizado em menor tempo que o penúltimo, isso também ocorreu para a condição *Sham*. No entanto, o principal achado consistiu no acentuado declínio de tempo entre o nono e décimo quilômetro, fato que não ocorreu na mesma proporção para a condição *Sham*. Isso, denotou o importante papel da RFS, levando os participantes a imprimir maior intensidade de esforço no quilômetro final. Ademais, o tempo parcial dos participantes refletido pelos quartis, decorreu em tempo menor do 5º ao km 7,5 na sessão que foi realizada a oclusão nos membros inferiores.

É possível que a heterogeneidade nos tempos da corrida de 10 km observada no presente estudo, tenha reduzido o poder dos testes estatísticos para detectar diferenças entre as condições RFS e *Sham*. Contudo, apesar da heterogeneidade do desempenho dos atletas que compuseram a amostra, observou-se melhor tempo de corrida quando submetidos à RFS, sobretudo em atletas competidores. Em termos percentuais, alcançou uma melhora de 0,98%. Vale destacar que na XXXII edição dos Jogos Olímpicos a diferença entre o primeiro e o décimo colocado na prova de 10 km foi de ~0,60% (10,000 METRES RESULT | THE XXXII OLYMPIC GAMES (ATHLETICS), 2021). Portanto, essa melhora no desempenho dos participantes poderia ser expressiva em uma competição esportiva. Para ilustrar a importância da melhora do tempo, foi analisada a MMD. O tempo de 19,96s apontou que 8 participantes,

independente do nível de classificação, tiveram o desempenho melhorado pela RFS considerando a MMD.

Vale ressaltar que, os efeitos ergogênicos observados a partir da aplicação da RFS, são em sua maioria baseados em estudos que utilizaram exercícios em ambiente laboratorial controlado. Ademais, mensuraram o tempo até a exaustão por meio de testes de carga constante ou testes incrementais. Testes incrementais e testes de carga constante são testes que primariamente mensuram mais a capacidade de realizar o exercício e não exatamente necessariamente o desempenho esportivo. Assim, esses testes possuem uma validade ecológica limitada e pouca aplicabilidade no contexto esportivo (Currell, Jeukendrup, 2008). Desta forma, existe a necessidade de mais estudos que explorem o uso da RFS no campo dos exercícios de *endurance*, a fim de verificar se o uso dessa estratégia poderia promover alguma melhora no desempenho de testes que simulam uma competição, como os testes contrarrelógios e com participantes em diferentes níveis de aptidão.

A FC teve maiores valores para a condição RFS, embora não tenha ocorrido mudança na percepção subjetiva de esforço (PSE). Isso denota que a carga interna de esforço dos participantes foi maior, gerando maior trabalho (carga externa), refletido pelo melhor desempenho, embora os participantes não tenham “percebido” o esforço adicional. A PSE por si não teve diferença, embora houve uma tendência a partir do 4ºkm. Contudo, ao analisar a última volta (400m), uma vez que os tempos baixaram significativamente, observa-se que a PSE foi maior na última volta para todos os grupos e nas duas condições, exceto na condição *Sham* para o grupo “recreacional”, bem como ocorreu no estudo de Cruz *et al.* (2015). Desse modo, quando necessário, a técnica de oclusão foi efetiva para os participantes gerarem maior esforço, sem impactar na percepção de esforço. Bennett e Slattery (2018), apontam uma FC maior durante o exercício em baixa intensidade com a aplicação da RFS. No mesmo sentido, houve uma FC maior nesse estudo durante a corrida, mesmo a RFS sendo aplicada previamente, uma vez que, os principais mecanismos que fazem a FC aumentar se referem a uma necessidade maior de aporte sanguíneo para a região ocluída, e um retorno venoso aumentado para suprir a demanda de retirada dos metabólitos. Além disso, mesmo a aplicação da RFS sendo prévia à corrida, ela pode influenciar o aumento da FC durante a corrida através de mecanismos como, demanda maior do metabolismo, aumento no recrutamento de fibra muscular e aumento na produção hormonal sistêmica (Paton, Addis, Taylor, 2017).

6.1 Limitações

A principal limitação do presente estudo foi a heterogeneidade da amostra, e por consequência a variabilidade do tempo de corrida dos participantes. Além disso, o não cegamento dos participantes não foi possível devido ao tipo de intervenção utilizada, embora tenham sido instruídos que independente da técnica que estavam submetidos, o objetivo era realizar a corrida de 10 km no menor tempo possível. Outro fator a ser considerado é a necessidade de se investigar os efeitos da aplicação da RFS sobre diferentes protocolos em relação ao número de séries, a aplicação da RFS de forma aguda ou crônica, o tempo entre a aplicação e a realização do teste, além de observar os diferentes níveis de performance, primando sempre por amostras mais homogêneas. Mesmo tendo sido orientado pelo cálculo do tamanho da amostra, esse modelo de teste adotado (contrarrelógio) é influenciado pela motivação e experiência do atleta, portanto, é possível que mais participantes sejam necessários para minimizar a variabilidade desse tipo de teste (Seeger *et al.*, 2017).

7 CONCLUSÃO

A RFS aplicada previamente a corrida em pista de atletismo foi capaz de melhorar o desempenho na corrida de 10 km, bem como alterou algumas variáveis psicofisiológicas. De fato, a RFS promoveu alterações na FC cardíaca durante a corrida, sendo maior mesmo sem promover alterações na percepção de esforço (PSE 6-20) nos atletas. Quando a análise foi realizada em grupos separados, os participantes classificados com uma melhor condição física para corrida, tiveram desempenho melhorado pela RFS, enquanto que os participantes recreacionais não tiveram. Além disso, ficou evidente que a melhora de performance através da RFS, ocorreu na fase final da corrida, sobretudo no décimo quilômetro, apresentando um declínio acentuado no tempo. Portanto, a RFS foi um recurso ergogênico capaz de melhorar a performance de atletas que competem provas regionais e locais, principalmente na fase final da corrida de 10 km.

7.1 Aplicações práticas

Até o momento, pelo que temos conhecimento o presente estudo foi o primeiro a investigar os efeitos da aplicação da RFS nos membros inferiores em corrida de 10 km, numa situação próxima a real, com maior validade ecológica, realizada numa pista de atletismo, bem como, recomendado por [Machado et al. \(2015\)](#). Além dos estudos sobre a RFS, foram pautados estudos com o termo “pré-condicionamento isquêmico” aplicado a corrida, uma vez que utiliza a técnica de RFS para alcançar a isquemia. Nossos resultados indicam, em alguma medida, que a aplicação aguda da RFS bilateral nos membros inferiores pré-corrida, foi capaz apenas de induzir a uma maior FC durante a corrida de 10 km. Esse parâmetro poderia apontar um maior suporte a carga interna relativo ao esforço realizado pelo atleta, uma vez que a resposta perceptual não teve diferença.

Por fim, embora a RFS tenha resultados bem fundamentados em testes de laboratório, ainda não está totalmente compreendido se essa técnica poderia promover maiores efeitos quando comparada a outros tipos de recursos ergogênicos. Assim, sugerimos que estudos futuros atentem-se para investigações em testes de campo ou mesmo em competições e que envolvam atletas, seja de diferentes níveis de aptidão física, mas com o mesmo nível de performance, buscando uma maior homogeneidade da amostra, logo uma menor variabilidade, principalmente do desempenho em corrida.

REFERÊNCIAS

10,000 Metres Result | The XXXII Olympic Games (Athletics). [s. l.], 2021. Disponível em: <https://worldathletics.org/results/olympic-games/2021/the-xxxii-olympic-games-athletics-7132391/men/10000-metres/final/result>. Acessado em: 08 maio 2022.

Abe T, Yasuda T, Midorikawa T, Sato Y, Kearns C, Inoue K, Koizumi K, Ishii N. Skeletal muscle size and circulating IGF-1 are increased after two weeks of twice daily “KAATSU” resistance training. *Int J KAATSU Train Res* (2005);1(1):6–12.

Aboo Bakkar Z, Fulford J, Gates PE, Jackman SR, Jones AM, Bond B, Bowtell JL. Montmorency Cherry Supplementation Attenuates Vascular Dysfunction Induced by Prolonged Forearm Occlusion in Overweight, Middle-Aged Men. *J Appl Physiol*. 2019 Jan 1;126(1):246-254.

Bailey TG, Jones H, Gregson W, Atkinson G, Cable NT, Thijssen DH. Effect of ischemic preconditioning on lactate accumulation and running performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2012 Nov;44(11):2084-9.

Barbosa TC, Machado AC, Braz ID, Fernandes IA, Vianna LC, Nobrega AC, Silva BM. Remote ischemic preconditioning delays fatigue development during handgrip exercise. *Scand J Med Sci Sports*. 2014;25(3):356-64.

Barr M. The Effect of Ischemic Preconditioning on Repeated Supramaximal Sprints. *Thesis of the faculty of the College of Health Sciences and Professions of Ohio University for the degree Master of Science*. June, 2011.

Baynard T, Miller WC, Fernhall B. Effects of exercise on vasodilatory capacity in endurance and resistance-trained men. *Eur J Appl Physiol* (2003) 89: 69–73.

Beaven CM, Cook CJ, Kilduff L, Drawer S, Gill N. Intermittent lower-limb occlusion enhances recovery after strenuous exercise. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2012;37(6):1132-9.

Bennett H, Slattery F. Effects of blood flow restriction training on aerobic capacity and performance: a systematic review. *J Strength Cond Res*. (2018)1-12.

Bielitzki R, Behrendt T, Behrens M, Schega L. Time to Save Time: Beneficial Effects of Blood Flow Restriction Training and the Need to Quantify the Time Potentially Saved by Its Application During Musculoskeletal Rehabilitation. *Physical Therapy*. 2021;101(10).

Bopp CM, Townsend DK, Warren S, Barstow TJ. Relationship between brachial artery blood flow and total [hemoglobin+myoglobin] during post-occlusive reactive hyperemia. *Microvasc Res* (2014); 91: 37-43.

Borg GA. Psychophysical Bases of Perceived Exertion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 14, n. 5, p. 377-381, 1982.

- Caetano D, Oliveira C, Correia C, Barbosa P, Montes A, Carvalho P. Rehabilitation outcomes and parameters of blood flow restriction training in ACL injury: A scoping review. *Phys Ther Sport*. 2021 May;49:129-137.
- Calbet JA, Lundby C. Skeletal Muscle Vasodilatation During Maximal Exercise in Health and Disease. *J Physiol*. 2012 Dec 15;590(24):6285-96.
- Caru M, Levesque A, Lalonde F, Curnier D. An overview of ischemic preconditioning in exercise performance: A systematic review. *J Sport Health Sci*. 2019 Jul;8(4):355-369.
- Centner C, Patrick Wiegand P, Gollhofer A, König D. Effects of Blood Flow Restriction Training on Muscular Strength and Hypertrophy in Older Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med*. 2019 Jan;49(1):109-111.
- Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. *Lawrence Erlbaum Associates*. 1988.
- Conceição MS, Chacon-Mikahil MP, Telles GD, Libardi CA, Júnior EM, Vechin FC, DE Andrade AL, Gáspari AF, Brum PC, Cavaglieri CR, Serag S, Spiegelman BM, Hawley JA, Camera DM. Attenuated PGC-1 α Isoforms Following Endurance Exercise With Blood Flow Restriction. *Med Sci Sports Exerc*. 2016 Sep;48(9):1699-707.
- Conceição MS, Junior EMM, Telles GD, Libardi CA, Castro A, Andrade ALL, Brum PC, Urias Ú, Kurauti MA, Júnior JMC, Boschero AC, Cavaglieri CR, Camera DM, Chacon-Mikahil MPT. Augmented anabolic responses after 8-wk cycling with blood flow restriction. *Med Sci Sports Exerc*. 2019;51:84-93.
- Corvino RB, Oliveira MM, Denadai BS, Rossiter HB, Caputo F. Speeding of oxygen uptake kinetics is not different following low-intensity blood-flow-restricted and high-intensity interval training. *Exp Physiol*. 2019;(104):1858–1867.
- Crisafulli A, Tangianu F, Tocco F, Concu A, Mamei O, Mulliri G, Caria MA. Ischemic preconditioning of the muscle improves maximal exercise performance but not maximal oxygen uptake in humans. *J Appl Physiol*. 2011;(111):530–536.
- Christiansen D, Eibye KH, Rasmussen V, Voldbye HM, Thomassen M, Nyberg M, Gunnarsson TGP, Skovgaard C, Lindskrog MS, Bishop DJ, Hostrup M, Bangsbo J. Cycling with blood flow restriction improves performance and muscle K⁺ regulation and alters the effect of anti-oxidant infusion in humans. *J Physiol*. 2019;(597):2421–2444.
- Christiansen D, Eibye K, Hostrup M, Bangsbo J. Training with blood flow restriction increases femoral artery diameter and thigh oxygen delivery during knee-extensor exercise in recreationally trained men. *J Physiol*. 2020;(598):2337–2353.
- Clevidence MW, Mowery RE, Kushnick MR. The effects of ischemic preconditioning on aerobic and anaerobic variables associated with submaximal cycling performance. *Eur J Appl Physiol*. 2012;112(10):3649-54.
- Cruz RO, de Aguiar RA, Turnes T, Pereira KL, Caputo F. Effects of ischemic preconditioning on maximal constant-load cycling performance. *J Appl Physiol*. 2015;(119): 961–967.

Currell K, Jeukendrup A. Superior endurance performance with ingestion of multiple transportable carbohydrates. *Med Sci Sports Exerc.* 2008 Feb;40(2):275-81.

Darter BJ, Rodriguez KM, Wilken JM. Test-retest reliability and minimum detectable change using the K4b2: oxygen consumption, gait efficiency, and heart rate for healthy adults during submaximal walking. *Res Q Exerc Sport.* 2013;84:223-231.

De Groot PC, Thijssen DH, Sanchez M, Ellenkamp R, Hopman MT. Ischemic preconditioning improves maximal performance in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2010;(108):141–146.

Erickson LN, Lucas KCH, Davis KA, Jacobs CA, Thompson KL, Hardy PA, Andersen AH, Fry CS, Noehren BW. Effect of Blood Flow Restriction Training on Quadriceps Muscle Strength, Morphology, Physiology, and Knee Biomechanics Before and After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Protocol for a Randomized Clinical Trial. *Phys Ther.* 2019 Aug 1;99(8):1010-1019.

Esbjörnsson M, Jansson E, Sundberg CJ, Sylven C, Eiken O, Nygren A, Kaijser L. Muscle fibre types and enzyme activities after training with local leg ischaemia in man. *Acta Physiol Scand.* 1993;(148):233–242.

Ferguson RA, Hunt JEA, Lewis MP, Martin NRW, Player DJ, Stangier C, Taylor CW, Turner MC. The acute angiogenic signalling response to low-load resistance exercise with blood flow restriction. *Eur J Sport Sci.* 2018;(18):397-406.

Ferguson RA, Mitchell EA, Taylor CW, Bishop DJ, Christiansen D. Blood-flow-restricted exercise: Strategies for enhancing muscle adaptation and performance in the endurance-trained athlete. *Exp Physiol.* 2021 Apr;106(4):837-860.

Ferreira Júnior A, Schamme JC, Perandini LB, Chimin P, Okuno NM. Effects of Walking Training with Restricted Blood Flow on HR and HRV Kinetics and HRV Recovery. *Int J Sports Med.* 2019; 40(09): 585-591.

Foster GP, Westerdahl EW, Foster LA, Hsu JV, Anholm JD. Ischemic preconditioning of the lower extremity attenuates the normal hypoxic increase in pulmonary artery systolic pressure. *Respiratory Physiology & Neurobiology.* 2011;(179):248–253.

Foster GP, Giri PC, Rogers DM, Larson SR, Anholm JD. Ischemic preconditioning improves oxygen saturation and attenuates hypoxic pulmonary vasoconstriction at high altitude. *High Alt Med Biol.* 2014;15(2):155–161.

Gibson N, White J, Neish M, Murray A. Effect of ischemic preconditioning on land-based sprinting in team-sport athletes. *Int J Sports Physiol Perform.* 2013;8(6):671–676.

Gibson N, Mahony B, Tracey C, Fawcner S, Murray A. Effect of ischemic preconditioning on repeated sprint ability in team sport athletes. *J Sports Sci.* 2015;33(11):1182-8.

Gonzalez NR, Connolly M, Dusick JR, Bhakta H, Vespa P. Phase I clinical trial for the feasibility and safety of remote ischemic conditioning for aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Neurosurgery.* 2014;(75):590–598.

Haley SM, Fragala-Pinkham MA. Interpreting change scores of tests and measures used in physical therapy. *Phys Ther.* 2006;86:735-743.

Hansen OB, Papson A, Eble SK, Drakos MC. Effect of Blood Flow Restriction Therapy Following Achilles Rupture and Repair: A Randomized Controlled Trial. *Foot & Ankle Orthopaedics.* 2022 Jan;doi:10.1177/2473011421S00032.

Hardy CJ, Rejeski WJ. Not what, but how one feels: The measurement of affect during exercise. *Journal Sport Exercise Psychology.* 1989;(11):304–317.

Held S, Behringer M, Donath L. Low intensity rowing with blood flow restriction over 5-weeks increases $\dot{V}O_{2\max}$ in elite rowers: a randomized controlled trial. *J Sci Med Sport.* 2020; (23):304–308.

Hittinger EA, Maher JL, Nash MS, Perry AC, Signorile JF, Kressler J, Jacobs KA. Ischemic preconditioning does not improve peak exercise capacity at sea level or simulated high altitude in trained male cyclists. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2015;40(1):65–71.

Hopkins WG. Individual responses made easy. *J Appl Physiol.* 2015;118:1444-1446.

Howell AK, Gaughan JP, Cairns MA, Faigenbaum AD, Libonati JR. The effect of muscle hypoperfusion-hyperemia on repetitive vertical jump performance. *J Strength Cond Res.* 2001;15(4):446-9.

Hughes L, Paton B, Rosenblatt B, et al. Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2017 Jan;0:1–11.

Ishida T, Yarimizu K, Gute D, Korthuis R. Mechanisms of ischemic preconditioning. *Shock.* 1997;(8): 86-94.

Incognito AV, Burr JF, Millar PJ. The Effects of Ischemic Preconditioning on Human Exercise Performance. *Sports Med.* 2016 Apr;46(4):531-44.

Jean-St-Michel E, Manlhiot C, Li J, Tropak M, Michelsen MM, Schmidt MR, McCrindle BW, Wells GD, Redington AN. Remote preconditioning improves maximal performance in highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;(43):1280–1286.

Jessee MB, Mattocks KT, Buckner SL, Dankel SJ, Mouser JG, Abe T, Loenneke JP. Mechanisms of blood flow restriction: The new testament. *Tech Orthop.* 2018;33(2):72–79.

Kanoria S, Jalan R, Davies NA, Seifalian AM, Williams R, Davidson BR. Remote ischaemic preconditioning of the hind limb reduces experimental liver warm ischaemia-reperfusion injury. *Br J Surg.* 2006 Jun;93(6):762–768.

Kellawan JM, Limberg JK, Scruggs ZM, Nicholson WT, Schrage WG, Joyner MJ, Curry TB. Phosphodiesterase-5 inhibition preserves exercise-onset vasodilator kinetics when NOS activity is reduced. *J Appl Physiol.* 2018;124(2):276-282.

- Kido K, Suga T, Tanaka D, Honjo T, Homma T, Fujita S, Hamaoka T, Isaka T. Ischemic preconditioning accelerates muscle deoxygenation dynamics and enhances exercise endurance during the work-to-work test. *Physiol Rep*. 2015;3:(5).
- Kjeld T, Rasmussen MR, Jattu T, Nielsen HB, Secher NH. Ischemic preconditioning of one forearm enhances static and dynamic apnea. *Med Sci Sports Exerc*. 2014;(46):151–155.
- Koch S, Katsnelson M, Dong C, Perez-Pinzon M. Remote ischemic limb preconditioning after subarachnoid hemorrhage: a phase Ib study of safety and feasibility. *Stroke*. 2011;(42):1387–1391.
- Kraus AS, Pasha EP, Machin DR, Alkatan M, Kloner RA, Tanaka H. Bilateral upper limb remote ischemic preconditioning improves anaerobic power. *Open Sports Med J*. 2015;(9):1-6.
- Kubota A, Sakuraba K, Sawaki K, Sumide T, Tamura Y. Prevention of disuse muscular weakness by restriction of blood flow. *Med. Sci. Sports Exerc*. 2008;40:529–534.
- Kubota A, Sakuraba K, Koh S, Ogura Y, Tamura Y. Blood flow restriction by low compressive force prevents disuse muscular weakness. *J. Sci. Med. Sport*. 2011;14:95–99.
- Lalonde F, Curnier D. Can anaerobic performance be improved by remote ischemic preconditioning? *J Strength Cond Res*. 2015;29(1):80–85.
- Li S, Ma C, Shao G, Esmail F, Hua Y, Jia L, Qin J, Ren C, Luo Y, Ding Y, Borlongan CV, Ji X. Safety and Feasibility of Remote Limb Ischemic Preconditioning in Patients with Unilateral Middle Cerebral Artery Stenosis and Healthy Volunteers. *Cell Transplant*. 2015;(24):1901–1911.
- Libonati JR, Howell AK, Incanno NM, Pettee KK, Glassberg HL. Brief muscle hypoperfusion/hyperemia: An ergogenic aid? *J Strength Cond Res*. 2001;15(3):362–366.
- Lipker LA, Persinger CR, Michalko BS, Durall CJ. Blood flow restriction therapy versus standard care for reducing quadriceps atrophy after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Sport Rehabil*. 2019 Nov 1;28(8):897-901.
- Loenneke JP, Wilson G, Wilson J. A mechanistic approach to blood flow occlusion. *Int J Sports Med*. 2010a;31:1–4.
- Loenneke JP, Kearney ML, Thrower A, Collins S, Pujol TJ. The acute response of practical occlusion in the knee extensors. *J Strength Cond Res*. 2010b;24: 2831–2834.
- Loenneke JP, Fahs CA, Rossow LM, Abe T, Bembem MG. The anabolic benefits of venous blood flow restriction training may be induced by muscle cell swelling. *Med. Hypotheses*. 2012a;78:151–154.
- Loenneke JP, Abe T, Wilson JM, Ugrinowitsch C, Bembem MG. Blood flow restriction: how does it work? *Frontiers in Physiology*. 2012b Oct;392(3):1-2.
- Loenneke JP, Wilson JM, Marín PJ, Zourdos MC, Bembem MG. Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *Eur J Appl Physiol*. 2012c May;112(5):1849-59.

Lorenz DS, Bailey L, Wilk KE, Mangine RE, Head P, Grindstaff TL, Morrison S. Blood Flow Restriction Training. *Journal of Athletic Training*. 2021;56(9):937–944.

Loukogeorgakis SP, Williams R, Panagiotidou AT, Kolvekar SK, Donald A, Cole TJ, Yellon DM, Deanfield JE, MacAllister RJ. Transient limb ischemia induces remote preconditioning and remote postconditioning in humans by a K(ATP)-channel dependent mechanism. *Circulation*. 2007;(116):1386–1395.

Lu Y, Patel BH, Kym C, Nwachukwu BU, Beletksy A, Forsythe B, Chahla J. Perioperative Blood Flow Restriction Rehabilitation in Patients Undergoing ACL Reconstruction: A Systematic Review. *Orthop J Sports Med*. 2020 Mar 25;8(3):2325967120906822.

Machado FA, Kravchychyn AC, Peserico CS, Silva DF, Mezzaroba PV. Reprodutibilidade do desempenho em provas de corrida de 5 e 10 km em pista de atletismo. *Rev Bras Ciênc Esporte*. 2015;37(3):207-213.

Malheiro LF, Rita G, Silva MV, Martins S, Sampaio S, Quelhas-Santos J, Cerqueira A, Sarmiento A, Santos L. A hiperemia reativa correlaciona-se com presença de sepse e degradação de glicocálix na unidade de terapia intensiva: um estudo de coorte prospectiva. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2020;32(3):363-373.

Marocolo M, Mota GR, Pelegrini V, Coriolano HJ. Are the Beneficial Effects of Ischemic Preconditioning on Performance Partly a Placebo Effect? *Int J Sports Med*. 2015;(36):822–825.

Mitchell EA, Martin NRW, Turner MC, Taylor CW, Ferguson RA. The combined effect of sprint interval training and postexercise blood flow restriction on critical power, capillary growth, and mitochondrial proteins in trained cyclists. *J Appl Physiol*. 2019;(126):51-59.

Murry CE, Jennings RB, Reimer KA. Preconditioning with ischemia: A delay in the lethal cell injury in ischemic myocardium. *Circulation*. 1986, 74:1124-1136.

Nielsen JL, Frandsen U, Jensen K, Prokhorova TA, Dalgaard LB, Bech RD, Nygaard T, Suetta C, Aagaard P. Skeletal muscle microvascular changes in response to short-term blood flow restricted training exercise-induced adaptations and signs of perivascular stress. *Front Physiol*. 2020;(11): 556.

Ohmori F, Hamaoka T, Shiroishi K, Osada T, Murase N, Kurosawa Y, Ichimura S, Homma T, Esaki K, Kime R, Katsumura T. Low-volume strength and endurance training prevent the decrease in exercise hyperemia induced by non-dominant forearm immobilization. *Eur J Appl Physiol*. 2010 Nov;110(4):845-51.

Paixao RC, Mota GR, Marocolo M. Acute effect of ischemic preconditioning is detrimental to anaerobic performance in cyclists. *Int J Sports Med*. 2014;(35):912–915.

Pang CY, Yang RZ, Zhong A, Xu N, Boyd B, Forrest CR. Acute ischaemic preconditioning protects against skeletal muscle infarction in the pig. *Cardiovasc Res*. 1995;(29):782–788.

- Paton CD, Addis SM, Taylor LA. The effects of muscle blood flow restriction during running training on measures of aerobic capacity and run time to exhaustion. *Eur J Appl Physiol*. 2017 Dec;117(12):2579-2585.
- Patterson SD, Bezodis NE, Glaister M, Pattison JR. The effect of ischemic preconditioning on repeated sprint cycling performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2015;47(8):1652–1658.
- Paull EJ, Van Guilder GP. Remote ischemic preconditioning increases accumulated oxygen deficit in middle-distance runners. *J Appl Physiol*. 2019 May 1;126(5):1193-1203.
- Pignanelli C, Christiansen D, Burr JF. Blood flow restriction training and the high-performance athlete: science to application. *J Appl Physiol*. 2021 Apr 1;130(4):1163-1170.
- Pope ZK, Willardson JM, Schoenfeld BJ. Exercise and blood flow restriction. *J Strength Cond Res*. 2013 Oct;27(10):2914-26.
- Richards JC, Racine ML, Hearon CM Jr, Kunkel M, Luckasen GJ, Larson DG, Allen JD, Dinunno FA. Acute Ingestion of Dietary Nitrate Increases Muscle Blood Flow via Local Vasodilation During Handgrip Exercise in Young Adults. *Physiol Rep*. 2018 Jan;6(2):e13572.
- Rosenberry R, Munson M, Chung S, Samuel TJ, Patik J, Tucker WJ, Haykowsky MJ, Nelson MD. Age-related microvascular dysfunction: novel insight from near-infrared spectroscopy. *Exp Physiol* (2018);103:190-200.
- Saltin B. Exercise hyperaemia: magnitude and aspects on regulation in humans. *J Physiol*. 2007;(583):819–823.
- Salvador AF, Aguiar RA, Lisbôa FD, Pereira KL, Cruz RO, Caputo F. Ischemic Preconditioning and Exercise Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Sports Physiology Perf*. 2016;(11):4-14.
- Sato Y. The history and future of KAATSU training. *International Journal of KAATSU Training Research*. 2005;1(1):1-5.
- Scott BR, Loenneke JP, Slattery KM, Dascombe BJ. Blood flow restricted exercise for athletes: A review of available evidence. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2015;19(5):360-367.
- Scott BR, Peiffer JJ, Goods PSR. The Effects of Supplementary Low-Load Blood Flow Restriction Training on Morphological and Performance-Based Adaptations in Team Sport Athletes. *J Strength Cond Res*. 2017 Aug;31(8):2147-2154.
- Seeger JPH, Timmers S, Ploegmakers DJM, Cable NT, Hopman MTE, Thijssen DHJ. Is delayed ischemic preconditioning as effective on running performance during a 5km time trial as acute IPC? *J Sci Med Sport*. 2017 Feb;20(2):208-212.
- Shinohara M, Kouzaki M, Yoshihisa T, Fukunaga T. Efficacy of tourniquet ischemia for strength training with low resistance. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1998;77:189–191.

Swart J, Lamberts RP, Lambert MI, Lambert EV, Woolrich RW, Johnston S, Noakes TD. Exercising with reserve: exercise regulation by perceived exertion in relation to duration of exercise and knowledge of endpoint. *Br J Sports Med.* 2009;43:775–781.

Takano H, Morita T, Iida H, Asada K, Kato M, Uno K, Hirose K, Matsumoto A, Takenaka K, Hirata Y, Eto F, Nagai R, Sato Y, Nakajima T. Hemodynamic and hormonal response to a short-term low-intensity resistance exercise with a reduction in muscle blood flow. *Eur J Appl Physiol.* 2005;95: 65–73.

Takarada Y, Takazawa H, Ishii N. Applications of vascular occlusion diminish disuse atrophy of knee extensor muscles. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2000;32:2035–2039.

Takada S, Okita K, Suga T, Omokawa M, Morita N, Horiuchi M, Kadoguchi T, Takahashi M, Hirabayashi K, Yokota T, Kinugawa S, Tsutsui H. Blood flow restriction exercise in sprinters and endurance runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2012 Mar;44(3):413-9.

Taylor CW, Ingham SA, Ferguson RA. Acute and chronic effect of sprint interval training combined with postexercise blood-flow restriction in trained individuals. *Exp Physiol.* 2016;101:143–154.

Tegtbur U, Haufe S, Busse MW. Application and effects of blood flow restriction training *Unfallchirurg.* 2020 Mar;123(3):170-175.

Tocco F, Marongiu E, Chiani C, Sanna I, Palazzolo G, Olla S, Pusceddu M, Sanna P, Corona F, Connor A, Crisafulli A. Muscle Ischemic Preconditioning does not Improve Performance during Self-Paced Exercise. *Int J Sports Med.* 2015;36: 9-15.

Wang WZ, Stepheson LL, Fang X-H, Khiabani KT, Zamboni WA. Ischemic Preconditioning-Induced Microvascular Protection at a Distance. *Journal of Reconstructive Microsurgery.* 2004 Feb;20(2):175-181.

Wiggins CC, Constantini K, Paris HL, Mickleborough TD, Chapman RF. Ischemic Preconditioning, O₂ Kinetics, and Performance in Normoxia and Hypoxia. *Med Sci Sports Exerc.* 2019 May;51(5):900-911.

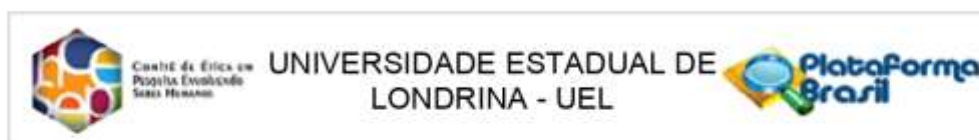
Wortman RJ, Brown SM, Savage-Elliott I, Finley ZJ, Mulcahey MK. Blood Flow Restriction Training for Athletes: A Systematic Review. *Am J Sports Med.* 2021 Jun;49(7):1938-1944.

Wylie LJ, Bailey SJ, Kelly J, Blackwell JR, Vanhatalo A, Jones AM. Influence of Beetroot Juice Supplementation on Intermittent Exercise Performance. *Eur J Appl Physiol.* 2016 Feb;116(2):415-25.

Zhou W, Zeng D, Chen R, Liu J, Yang G, Liu P, Zhou X. Limb ischemic preconditioning reduces heart and lung injury after an open heart operation in infants. *Pediatr Cardiol.* 2010 Jan;31(1):22-9.

APÊNDICES

Comitê de Ética



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFEITO DA RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO SOBRE O DESEMPENHO EM CORRIDA DE 5 KM

Pesquisador: Leandro Ricardo Altimari

Área Temática:

Versão: 4

CAAE: 36312720.9.0000.5231

Instituição Proponente: CEFE - PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA UEM/UEL

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.355.952

Apresentação do Projeto:

Apresentação do projeto segundo o pesquisador:

Serão realizadas duas etapas não consecutivas de coletas de dados, respeitando um intervalo de 48-72h entre elas. Na primeira, os participantes comparecerão ao Laboratório de Fisiologia do Exercício da Universidade Estadual de Londrina, para tomarem conhecimento da proposta do estudo, e realizar a familiarização com os testes e equipamentos. Após estarem cientes sobre os possíveis riscos e benefícios do experimento, assinarão o termo de conhecimento livre e esclarecido e agendarão as datas e horário para a etapa seguinte. Durante a primeira visita, serão mensuradas

variáveis antropométricas, e os participantes realizarão um teste incremental de exercício máximo em esteira para estimar o VO₂max e a velocidade máxima (V_{max}). Durante a segunda etapa, os participantes realizarão as sessões experimentais aleatorizadas na corrida de 5 km, em dias não consecutivos, respeitando o intervalo de 48-72h, nas quais serão submetidos ao protocolo do estudo em 3 sessões:

Restrição de Fluxo Sanguíneo

(BFR) (I) e controle (II) em ordem randomizadas. Seguindo da BFR (ou não) os indivíduos realizarão corridas de 5km, onde serão verificadas respostas fisiológicas e psicofisiológicas e o desempenho durante os esforços, (III) E por fim o teste incremental novamente. Todos os testes serão realizados no mesmo horário do dia para o mesmo participante, com o mínimo de 3 h pós-prandial. Os participantes serão solicitados a comparecerem ao laboratório completamente hidratados e

Endereço: LABESC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

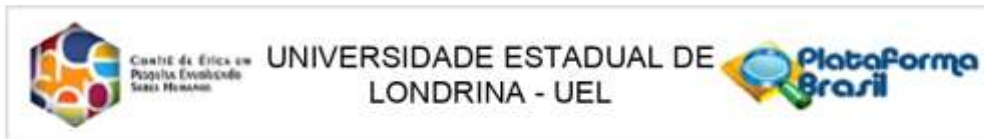
UF: PR

Município: LONDRINA

Telefone: (43)3371-5455

CEP: 86.057-970

E-mail: cep268@uel.br



Continuação do Parecer: 4.355.952

descansados, com intervalo mínimo de 24 h sem atividades físicas vigorosas. Abster-se da ingestão de cafeína e álcool no mínimo 6 h e 24 h antes de cada teste, respectivamente.

Critério de Inclusão:

Critérios de inclusão: idade entre 18-30 anos, experiência prévia em corridas.

Critério de Exclusão:

Critérios de exclusão: ingestão regular de qualquer tipo de medicamento que possa influenciar a resposta cardiovascular, possuir patologias neurológicas (ex: epilepsia), patologias respiratórias (ex: DPOC), dispositivos médicos implantáveis (ex: marcapasso, stents), histórico de cirurgia cardiovascular, possuir qualquer tipo de doença metabólica ou cardiovascular, possuir lesões musculoesqueléticas.

Outras informações, justificativas ou considerações a critério do pesquisador:

Ressaltamos que devido a Pandemia do Coronavírus, as ações serão desenvolvidas com todas as medidas de segurança sanitária. Ainda, conforme o consentimento da direção de centro, os participantes serão agendados em horários distintos, para que não se encontre durante os testes, e a pista de atletismo como local principal das coletas além de ser um ambiente aberto, permitindo o distanciamento social seguro, tem liberação para utilização desde outubro de 2020.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo do projeto segundo o pesquisador:

Objetivo Primário:

O objetivo do estudo será investigar os efeitos da restrição de fluxo sanguíneo em conjunto com a hiperemia reativa sobre o desempenho e respostas fisiológicas e psicofisiológicas na corrida de 5 km.

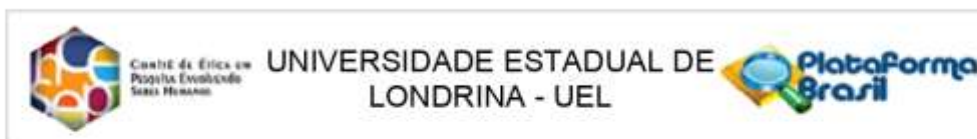
Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos e benefícios do projeto segundo o pesquisador:

Riscos:

O procedimento da restrição de fluxo sanguíneo será realizado com o participante deitado numa maca, será posicionado um manguito em cada perna abaixo da prega glútea, e inflado a 250 mmHg. Este procedimento pode causar desconforto nos membros inferiores como sensação de formigamento, ainda, pequenos hematomas, formação de petéquias, eventualmente formação de

Endereço: LABESC - Sala 14
Bairro: Campus Universitário
UF: PR **Município:** LONDRINA **CEP:** 86.057-970
Telefone: (43)3371-5455 **E-mail:** cep268@uel.br



Continuação do Parecer: 4.355.952

trombos e parestesia. Durante a corrida, eventualmente poderá ocorrer uma torção da articulação do tornozelo ou alguma outra articulação corporal. Ainda, mesmo que tomados os procedimentos para iniciar uma sessão de exercício com segurança, como aquecimento corporal e específico, poderá ocorrer uma distensão muscular, sobretudo nos grupos musculares das pernas. Se por ventura, durante as sessões experimentais, ocorrer qualquer situação que exponha sua saúde a algum risco ou algo que necessite de atendimento médico, o participante será encaminhado a uma clínica médica particular sob a responsabilidade dos pesquisadores responsáveis pelo estudo, e que atenda especificamente o tratamento necessário.

Benefícios:

Os benefícios do presente estudo, possibilitarão uma melhor compreensão básica e ajudarão a desenvolver intervenções potencialmente promissoras que contribuam na promoção da saúde e no desempenho para atletas recreacionais de corrida de 5km.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de pesquisa relevante.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos apresentado segundo o pesquisador foram:

1. Folha de Rosto para Pesquisa com Seres Humanos;
2. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido em forma de convite e com linguagem adequada.
3. Declaração do CEFE-UEL autorizando a realização do projeto mesmo se houver restrições quanto ao período de pandemia, com base em estratégias de cuidados sanitários.

Recomendações:

Não há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Após avaliação do projeto em quarta rodada, verificou-se que as pendências foram sanadas e, portanto, vota-se pela aprovação.

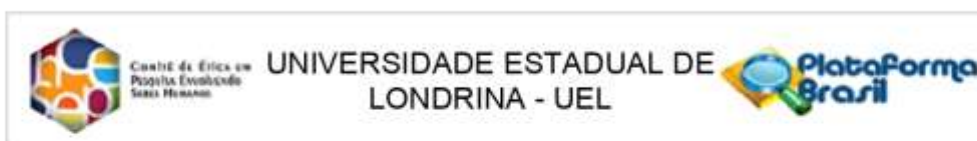
Considerações Finais a critério do CEP:

Prezado(a) Pesquisador(a),

Este é seu parecer final de aprovação, vinculado ao Comitê de Ética em Pesquisas Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina. É sua responsabilidade apresenta-Lo aos órgãos e/ou instituições pertinentes.

Ressaltamos, para início da pesquisa, as seguintes atribuições do pesquisador, conforme

Endereço: LABESC - Sala 14	CEP: 86.057-970
Bairro: Campus Universitário	
UF: PR	Município: LONDRINA
Telefone: (43)3371-5455	E-mail: cep268@uel.br



Continuação do Parecer: 4.355.952

Resolução CNS 466/2012 e 510/2016:

A responsabilidade do pesquisador é indelegável e indeclinável e compreende os aspectos éticos e legais, cabendo-lhe:

- conduzir o processo de Consentimento e de Assentimento Livre e Esclarecido;
- apresentar dados solicitados pelo sistema CEP/CONEP a qualquer momento;
- desenvolver o projeto conforme delineado, justificando, quando ocorridas, a sua mudança ou interrupção;
- elaborar e apresentar os relatórios parciais e final;
- manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período mínimo de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa;
- encaminhar os resultados da pesquisa para publicação, com os devidos créditos aos pesquisadores e pessoal técnico integrante do projeto;
- justificar fundamentadamente, perante o sistema CEP/CONEP, interrupção do projeto ou a não publicação dos resultados.

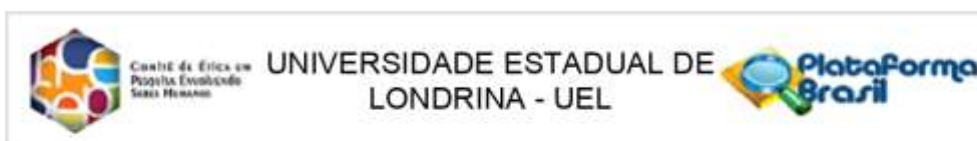
Coordenação CEP/UEL.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1604853.pdf	15/10/2020 23:12:54		Aceito
Outros	Declaracao.pdf	15/10/2020 23:11:57	Leandro Ricardo Altimari	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.doc	23/09/2020 09:57:33	Leandro Ricardo Altimari	Aceito
Folha de Rosto	CEP.pdf	06/08/2020 10:33:59	Leandro Ricardo Altimari	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Doutorado.docx	30/07/2020 23:03:40	Leandro Ricardo Altimari	Aceito

Situação do Parecer:

Endereço: LABESC - Sala 14
 Bairro: Campus Universitário
 UF: PR Município: LONDRINA CEP: 86.057-970
 Telefone: (43)3371-5455 E-mail: cep268@uel.br



Continuação do Parecer: 4.355.952

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

LONDRINA, 22 de Outubro de 2020

Assinado por:
Ana Lucia Ferreira da Silva
(Coordenador(a))

Endereço: LABESC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

UF: PR

Município: LONDRINA

CEP: 86.057-970

Telefone: (43)3371-5455

E-mail: cep268@uel.br

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

EFEITO DA RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO SOBRE O DESEMPENHO EM CORRIDA DE 10 KM

Prezado:

Gostaríamos de convidá-lo a participar da pesquisa **Efeito da restrição de fluxo sanguíneo sobre o desempenho em corrida de 10km**, a ser realizada na **Universidade Estadual de Londrina**. O objetivo da pesquisa é aprimorar os conhecimentos sobre os mecanismos fisiológicos e as consequências nos seres humanos e testar ferramenta de intervenção – restrição de fluxo sanguíneo - que possa ser adequada para melhorar as respostas fisiológicas relacionadas ao desempenho em corridas de atletas recreacionais.

A sua participação é muito importante e ela se dará da seguinte forma: Previamente ao experimento, você será instruído sobre a necessidade de abstinência a qualquer atividade física vigorosa e ingestão de substâncias cafeinadas ou alcoólicas nas 24 horas precedentes às sessões de teste, para evitar possíveis interferências. Realizará os testes sempre no mesmo período do dia (± 1 h), visando evitar interferências circadianas. Inicialmente, todos os voluntários realizarão uma sessão pré-experimental onde serão submetidos a teste incremental em esteira ergométrica para determinar sua variabilidade da frequência cardíaca em diversas velocidades, a qual será utilizada para caracterizar os dados metabólicos em esforço. Nas duas visitas subsequentes, correspondentes às sessões experimentais, o voluntário será previamente submetido à restrição de fluxo sanguíneo nos membros inferiores ou não, e posteriormente, realizará a corrida de 10km.

O procedimento da restrição de fluxo sanguíneo será realizado com o participante deitado numa maca, será posicionado um manguito em cada perna abaixo da prega glútea, e inflado a 250 mmHg. Este procedimento pode causar desconforto nos membros inferiores como sensação de formigamento, ainda, pequenos hematomas, formação de petéquias, eventualmente formação de trombos e parestesia. Durante a corrida, eventualmente poderá ocorrer uma torção da articulação do tornozelo ou alguma outra articulação corporal. Ainda, mesmo que tomados os procedimentos para iniciar uma sessão de exercício com segurança, como aquecimento corporal e específico, poderá ocorrer uma distensão muscular, sobretudo nos grupos musculares das pernas.

Ressaltamos que sua participação é totalmente voluntária, podendo você recusar-se a participar ou mesmo desistir a qualquer momento sem que isso acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. Informamos ainda que as informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade.

Os dados gravados serão armazenados em um computador para análise futura. Os dados serão apresentados como média do grupo e a identidade dos indivíduos sempre será preservada.

Considerando que a inovação deste projeto reside na combinação de parâmetros de fisiologia e aplicação de técnica para compreender os mecanismos das consequências da restrição de fluxo sanguíneo, os benefícios dos achados do presente estudo, possibilitarão uma melhor compreensão básica e ajudarão a

desenvolver intervenções potencialmente promissoras que contribuam na promoção da saúde e no desempenho para atletas recreacionais de corrida de 10km.

Informamos que o senhor não pagará e nem será remunerado por sua participação. Garantimos, no entanto, que todas as despesas decorrentes da pesquisa serão ressarcidas, quando devidas e decorrentes especificamente de sua participação na pesquisa. Todavia, durante as sessões experimentais, caso ocorra qualquer situação que exponha sua saúde a algum risco ou algo que necessite de atendimento médico, o senhor será encaminhado a uma clínica médica particular sob nossa responsabilidade e que atenda especificamente o tratamento necessário.

Caso você tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos pode nos contatar: **Leandro Ricardo Altimari**, fone (43) 99127-0536, e-mail: altimari@uel.br ou **Juliano Moro Gabardo**, fone (43) 99915-9572, e-mail: julianomgabardo@gmail.com, ou ainda, procurar o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, no endereço: Rodovia Celso Garcia Cid | PR 445 Km 380 | Campus Universitário | CEP 86.057-970 | Londrina – PR, e-mail: ceua@uel.br. Fone: (43) 3371-5454. Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas, devidamente preenchida e assinada, entregue a você.

Londrina, ____ de _____ de 2021.

Prof. Leandro Ricardo Altimari

_____, tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar **voluntariamente** da pesquisa descrita acima.

Assinatura (ou impressão dactiloscópica): _____

Data: _____