

Cristiano Dall' Agnol

**COMPARAÇÃO ENTRE A CARGA INTERNA E EXTERNA DE  
PROTOCOLOS DE TREINAMENTO INTERVALADO DE  
CICLISMO PRESCRITOS A PARTIR DO MÉTODO DE  
INTENSIDADE AUTOAJUSTÁVEL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Educação Física.  
Orientador: Prof. Dr. Ricardo Dantas de Lucas

Florianópolis  
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária  
da UFSC.

Dall' Agnol, Cristiano

Comparação entre a carga interna e externa de protocolos de treinamento intervalado de ciclismo prescritos a partir do método de intensidade autoajustável / Cristiano Dall' Agnol ; orientador, Ricardo Dantas de Lucas, 2018.

82 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Desportos, Programa de Pós Graduação em Educação Física, Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Educação Física. 2. Treinamento aeróbio de alta intensidade. 3. Treinamento aeróbio. 4. Desempenho de ciclismo. 5. Prescrição do treinamento intervalado. I. Dantas de Lucas, Ricardo. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. III. Título.





Cristiano Dall' Agnol

**COMPARAÇÃO ENTRE A CARGA INTERNA E EXTERNA DE  
PROTOCOLOS DE TREINAMENTO INTERVALADO DE  
CICLISMO PRESCRITOS A PARTIR DO MÉTODO DE  
INTENSIDADE AUTOAJUSTÁVEL**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de  
“Mestre em Educação Física” e aprovada em sua forma final pelo  
Programa de Pós-Graduação em Educação Física.

Florianópolis, 27 de fevereiro de 2018

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Kelly Samara da Silva  
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Educação Física

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Dr. Ricardo Dantas de Lucas (Orientador)  
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

---

Prof. Dr. Guilherme Fleury Fina Speretta (Membro Externo)  
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

---

Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo (Membro Interno)  
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

---

Prof. Dr. Tiago Turnes (Membro Interno)  
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC



Este trabalho é dedicado aos meus colegas e amigos, minha namorada e aos meus queridos pais.



## AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço a Deus por estar sempre guiando minha vida. Espero poder compensar por toda ajuda e bênçãos que tenho recebido em toda minha vida.

Aos meus queridos pais, Ivanir Santo Dall' Agnol e Neusa Maria Begotto Dall' Agnol meu enorme carinho, por todo amor, auxílio e formação que me deram. Dedico esse meu trabalho a cada gota de suor do trabalho de vocês que permitiu que eu chegasse onde hoje eu estou.

À minha namorada, companheira e amiga Alexandra que sempre me ajudou a me manter tranquilo, feliz e motivado desde o momento que nos conhecemos.

À minha irmã que sempre se importou pelo meu bem estar, dando conselhos importante para minha vida além de estar sempre me animando e confiando em mim.

Ao meu orientador Ricardo Dantas que soube fazer muito mais do que seu papel de orientador, sendo um grande amigo em todo desenrolar do mestrado, tendo contribuição notável desde a concepção da ideia até a finalização da redação. Obrigado Ricardo por toda influência positiva que teve neste processo, e obrigado por ser o primeiro participante do estudo piloto.

Aos amigos da família LAEF, em especial aos amigos Geovane, Marília, Myla, Jaelson, Paulo César, Lucas, Mariana, Anderson, Amadeo e Renan que foram sensacionais em me acolher, conversar e participar de todos os momentos que precisava. A todos vocês, espero ter ajudado como colega e amigo na mesma medida.

Ao professor Tiago Turnes, pela amizade e ajuda. Soube direcionar muito bem este trabalho. Agradeço pela contribuição na correção, além das belas sugestões no momento da apresentação dos resultados.

Ao professor Luiz Guilherme, pela sua excelente contribuição desde o acolhimento no laboratório, avaliação do trabalho e por toda preocupação e ajuda laboratorial que permitiu que o trabalho fosse realizado da melhor forma possível.

Ao professor Guilherme Speretta pelo compartilhamento de ideias, pelo auxílio na execução do projeto, pela contribuição na redação do trabalho e pela compreensão das mudanças do projeto, certamente a sua ajuda favorecerá na execução de futuros projetos. A todas as amizades de mestrado, com grande admiração ao sexteto mágico (Silas, Lucas, Jonathan, Morgana e Manuela) onde certamente compartilhamos muitos risos, momento agradáveis e ajuda. E também aos amigos

Raphael e Leandro. Agradeço ao Raphael pelas conversas e conselhos, e ao Silas, pelas conversas, corridas e ajuda ao longo de todo mestrado. Pessoal, vocês foram muito importantes para mim.

A sabedoria oferece proteção,  
como o faz o dinheiro,  
mas a vantagem do conhecimento é esta:  
a sabedoria preserva a vida  
de quem a possui. Eclesiastes 7:12.



## RESUMO

Apesar da ampla utilização da metodologia autoajustável de prescrição de intensidade em sessões de treinamento intervalado (TI), pouco se sabe sobre as alterações do tempo de esforço e de recuperação sobre o tempo sustentado  $\geq 90\%$  do consumo máximo de oxigênio ( $VO_2\max$ ). O objetivo deste estudo foi analisar a influência de alterações do tempo de esforço e de recuperação em sessões de TI prescritas via modelo de intensidade autoajustável sobre a intensidade, as respostas fisiológicas, incluindo o tempo acumulado a 90-94% ( $t_{90}$ ),  $\geq 95\%$  ( $t_{95}$ ) e 90-100%  $VO_2\max$  ( $t@VO_2\max$ ) e as respostas perceptuais. Onze ciclistas treinados do sexo masculino ( $VO_2\max$   $55,7 \pm 7,4$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>,  $265,5 \pm 67,1$  km.sem<sup>-1</sup>) realizaram teste incremental máximo e quatro sessões de TI prescritas via modelo autoajustável compreendidas por quatro estímulos de 4 e 8 minutos e esforço:pausa (E:P) de 2:1 (4x2 e 8x4) e 4:1 (4x1 e 8x2) de forma randomizada em que nenhum feedback de desempenho foi fornecido aos atletas durante a sessão. Valores superiores de potência foram encontrados em protocolos com duração total de esforço de 16 min e com E:P de 2:1. O protocolo 4x2 ( $90,7 \pm 5,0\%$ ) apresentou o maior  $VO_2$ médio na sessão enquanto o 8x2 ( $83,0 \pm 6,3\%$ ) o menor ( $p < 0,05$ ). Nenhuma diferença foi encontrada entre protocolos nos valores absolutos de  $t_{90}$  e  $t_{95}$ . Os protocolos com E:P de 2:1 apresentaram maior  $t@VO_2\max$  absoluto, e o protocolo 4x2 com maior  $t_{95}$  e  $t@VO_2\max$  relativo ao tempo da sessão ( $22,5 \pm 23,6\%$  e  $46,3 \pm 27,8\%$ , respectivamente). Ainda, valores de concentração de lactato sanguíneo ao final da sessão foram superiores em protocolos com duração total de esforços de 16 min, sem diferenças entre protocolos nos valores de percepção subjetiva de esforço. O TI prescrito via intensidade autoajustável com esforços de 4 e 8 min pode ser utilizado com o objetivo de acumular tempo  $>90\%$   $VO_2\max$ . Esforços de 4 min são preferíveis para manter maior geração de potência e induzir menor carga interna de treino, sendo que a razão E:P de 2:1 deve ser priorizada para obter maior  $t@VO_2\max$ .

**Palavras-chave:** Treinamento aeróbio de alta intensidade. Treinamento aeróbio. Desempenho de ciclismo. Prescrição do treinamento intervalado.



## ABSTRACT

Despite the large utilization of self-paced interval training (IT), few data are available on the manipulation of work- and rest-interval duration on the time spent at intensities higher than 90% of maximal oxygen consumption ( $\text{VO}_2\text{max}$ ). The aim of this study was to analyze the influence of alteration of work- and rest- interval duration in self-paced IT on the intensity, perceptual and physiological responses including time spent between 90-94% ( $t_{90}$ ),  $\geq 95\%$  ( $t_{95}$ ) and between 90-100%  $\text{VO}_2\text{max}$  ( $t@\text{VO}_2\text{max}$ ). Eleven male trained cyclists ( $\text{VO}_2\text{max}$   $55.7 \pm 7.4$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>,  $265.5 \pm 67.1$  km.week<sup>-1</sup>) performed an incremental test and four self-paced IT sessions characterized by four bouts of 4 and 8 min and work:relief ratios (W:R) of 2:1 (4x2 and 8x4) and 4:1 (4x1 and 8x2) in a random order. None feedback of performance were given to the athletes during IT sessions. Superior mean values of power output were found in the protocols with 16 min of total work duration and for protocols with W:R of 2:1. The 4x2 protocol ( $90.7 \pm 5.0\%$ ) showed the highest  $\text{VO}_2$  while the 8x2 ( $83.0 \pm 6.3\%$ ) presented the lowest ( $p < 0.05$ ). No difference in absolute  $t_{90}$  and  $t_{95}$  values were found among protocols. The W:R of 2:1 provided higher absolute  $t@\text{VO}_2\text{max}$  and the protocol 4x2 the highest relative  $t_{95}$  and  $t@\text{VO}_2\text{max}$  values ( $22.5 \pm 23.6\%$  and  $46.3 \pm 27.8\%$  of session duration). In addition, superior blood lactate concentration were found in sessions of 16 min of total work duration with no difference in rating of perceived exertion among protocols. The results suggested that work-intervals of 4 and 8 min can be utilized aiming to spend time  $>90\%$   $\text{VO}_2\text{max}$ . Bouts of 4 min are preferable to maintain higher power output and to induce lower training load and W:R of 2:1 must be prioritized to obtain higher  $t@\text{VO}_2\text{max}$ .

**Keywords:** High-intensity aerobic training. Endurance training. Cycling performance. Interval training prescription.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Valores médios de potência, FC e VO <sub>2</sub> dos atletas (n = 11) nos quatros protocolos de TI .....	55
Figura 2 - Valores individuais de <i>t</i> <sub>90</sub> nos protocolos de TI .....	55
Figura 3 - Valores individuais de <i>t</i> <sub>95</sub> nos protocolos de TI .....	56
Figura 4 - Valores individuais de <i>t</i> @VO <sub>2</sub> max nos protocolos de TI.....	57
Figura 5 - Comparação dos valores de [Lac] durante os protocolos de TI .....	57
Figura 6 - Comparação dos valores de %FCmax durante os protocolos de TI.....	58
Figura 7 - Comparação dos valores de PSE durante os protocolos de TI..	58



## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Comparação das respostas fisiológicas e de desempenho entre protocolos de TI .....	54
---	----



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

E:P – Esforço:Pausa  
FC – Frequência cardíaca  
[Lac] – Concentração sanguínea de lactato  
TI – Treinamento intervalado  
PSE – Percepção subjetiva de esforço  
 $t_{90}$  – Tempo sustentado em intensidades entre 90-94%  $VO_{2max}$   
 $t_{95}$  – Tempo sustentado em intensidades  $\geq 95$   $VO_{2max}$   
 $t_{@VO_{2max}}$  – Tempo sustentado em intensidades  $\geq 90$   $VO_{2max}$   
Pmax – Potência aeróbia máxima obtida em teste incremental  
PPO – Potência pico obtida em teste incremental  
PLL2 – Potência associada ao limiar anaeróbio  
U.A. – Unidades arbitrárias  
 $VO_{2max}$  – Consumo máximo de oxigênio  
LV1 – Primeiro limiar ventilatório  
LV2 – Segundo limiar ventilatório  
Can – Capacidade anaeróbia  
Tmax – Tempo de exaustão na Pmax  
MFEL – Máxima fase estável de lactato  
TT – Contrarrelógio



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>25</b>
1.1	OBJETIVOS .....	27
1.1.1	Objetivo geral .....	27
1.1.2	Objetivos específicos .....	27
1.2	JUSTIFICATIVA.....	28
1.3	DELIMITAÇÃO DO ESTUDO .....	29
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>31</b>
2.1	UTILIZAÇÃO DE TI NO CICLISMO .....	31
2.1.1	<b>TI no ciclismo: manipulação da intensidade a partir de variáveis externas</b> .....	<b>32</b>
2.2	MELHORA DO COMPONENTE AERÓBIO .....	35
2.3	VARIÁVEIS INTERNAS PARA MANIPULAÇÃO DA INTENSIDADE DURANTE O TI.....	40
2.3.1	Frequência Cardíaca (FC).....	40
2.3.2	Consumo de oxigênio (VO <sub>2</sub> ) .....	41
2.3.3	Intensidade autoajustável.....	42
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>47</b>
3.1	PARTICIPANTES DA PESQUISA .....	47
3.2	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL .....	47
3.3	PROCEDIMENTOS .....	48
3.3.1	Teste incremental máximo .....	48
3.3.2	Protocolos de TI .....	49
3.3.3	Análise de VO <sub>2</sub> , t@VO <sub>2</sub> max e FC .....	50
3.4	TRATAMENTO ESTATÍSTICO .....	51
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>53</b>
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>59</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>65</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIA</b> .....	<b>67</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O consumo máximo de oxigênio ( $\text{VO}_2\text{max}$ ) é definido como a máxima quantidade de  $\text{O}_2$  captado, transportado e utilizado pelo organismo durante o exercício físico em alta intensidade, representando assim a máxima funcionalidade dos sistemas cardíaco, ventilatório e muscular. Por este motivo, tem sido importante no meio esportivo como um preditor de desempenho aeróbio (BASSETT et al., 2000). É consenso que a elevação de  $\text{VO}_2\text{max}$  de atletas de *endurance* aos seus valores máximos durante a fase de preparação física é importante para a melhora de desempenho (MIDGLEY; MCNAUGHTON; WILKINSON, 2006). Entretanto, as alterações dos valores de  $\text{VO}_2\text{max}$  induzidos pelas sessões de treinamento são reduzidas à medida que o nível de aptidão de atletas é aumentando, por este motivo, treinos de maior intensidade têm sido indicados para elevação do  $\text{VO}_2\text{max}$  por estarem associados a maiores níveis de estresse periférico e central (GOLLNICK; PIEHL; SALTIN, 1974; MIDGLEY; MCNAUGHTON; JONES, 2007; MIDGLEY; MCNAUGHTON; WILKINSON, 2006).

Neste sentido, as adaptações provindas de programas de treinamento de maior intensidade ou de maior volume foram discutidas pelos fisiologistas Åstrand e Rodahl em 1986, que levantaram a questão sobre qual estratégia seria mais efetiva: a sustentação do  $\text{VO}_2\text{max}$  por 16 minutos ou o acúmulo de 40 minutos em intensidades que exigissem 90%  $\text{VO}_2\text{max}$  durante sessões de treinamento (ASTRAND; RODAHL, 1986). Embora esta dúvida permaneça em aberto, diversos protocolos de treinamento tem sido investigados a fim de identificar formas mais efetivas de acumular maior tempo acima de 90%  $\text{VO}_2\text{max}$  ( $t@\text{VO}_2\text{max}$ ). Como o tempo mantido no ou próximo ao  $\text{VO}_2\text{max}$  durante uma sessão de treinamento parece ser um bom indicativo para provocar a melhora do  $\text{VO}_2\text{max}$  (LAURSEN; JENKINS, 2002; WENGER; BELL, 1986), a avaliação do  $t@\text{VO}_2\text{max}$  tem sido sugerida como bom critério para avaliar a efetividade de protocolos de treinamento intervalado (TI) (THEVENET et al., 2007a).

A otimização do  $t@\text{VO}_2\text{max}$  durante uma sessão de treinamento tem sido verificada a partir da manipulação de diferentes variáveis, tendo as durações e intensidades de esforços e de recuperação como principais influenciadores sobre as respostas cardiorrespiratórias e metabólicas (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a; DUPONT et al., 2002; RØNNESTAD; HANSEN, 2016; THEVENET et al., 2007a, 2007b; TURNES et al., 2016). A intensidade empregada em sessões de TI normalmente é derivada de avaliações fisiológicas e de desempenho

individual em laboratório, sendo esta regularmente ajustada através de reavaliações constantes de modo a manter a intensidade de exercício em zonas específicas de treinamento (ABBISS; LAURSEN, 2008; WESTGARTH-TAYLOR et al., 1997; WESTON et al., 1997). As intervenções de treinamento normalmente têm reavaliado o desempenho de atletas após 2-3 semanas (~4 sessões de TI) para adequação das cargas. Entretanto, esse modelo de prescrição de intensidades acaba sendo inviável na realidade da maioria dos atletas, tendo em vista a dificuldade de acesso a laboratórios e medidas de desempenho durante os treinos de ciclismo, que exige medidor de potência, visto que a velocidade não é capaz de representar o esforço produzido devido às influências ambiental e climática (vento, terreno, inclinação). Por conta disso, a intensidade autoajustável tem sido amplamente utilizada em sessões de TI (SEILER; SJURSEN, 2004), já que conta apenas com a percepção do ciclista em manter a maior intensidade possível para uma dada duração e sequencia de esforços.

Nos últimos anos, este modelo de intensidade autoajustável aplicado ao TI tem recebido maior atenção por pesquisadores da área esportiva em decorrência dos resultados positivos encontrados na funcionalidade cardiorrespiratória e no desempenho (RØNNESTAD et al., 2015, 2014; SANDBAKK et al., 2013; SEILER et al., 2013). A dispensável necessidade de avaliação laboratorial e facilidade de manipular as intensidades de exercício a partir do tempo de esforço e recuperação, além da naturalidade de interpretação por parte dos atletas, torna este modelo uma opção atraente para pesquisadores e treinadores (HULSTON et al., 2010; MIDGLEY; MCNAUGHTON; JONES, 2007; RØNNESTAD et al., 2015, 2014; SANDBAKK et al., 2013; SEILER et al., 2013; YEO et al., 2008).

As investigações que compararam a influência de programas de TI com esforços de média (2-4 min) e de longa duração (5-10 min) em intensidades autoajustáveis reportaram melhoras para ambos os protocolos sobre os índices fisiológicos e o desempenho de atletas de *endurance* (SANDBAKK et al., 2013; SEILER et al., 2013). Entretanto, estas melhoras foram acentuadas em regimes de treinamento de maior volume e intensidade elevada quando comparado com estímulos de maior intensidade e menor volume, independentemente do nível de aptidão (SANDBAKK et al., 2013; SEILER et al., 2013). Ainda, de acordo com as respostas agudas de protocolos utilizados (4 x 8 min ou 4 x 4 min; com 2 min de recuperação), Seiler et al. (2013) sugeriram que a sustentação de 32 minutos a 90% frequência cardíaca máxima (FCmax)

apresentou maior efetividade em proporcionar mudança de desempenho do que 16 min a 94% da FC<sub>max</sub>.

Apesar disso, embora as respostas da FC e do VO<sub>2</sub> venham sendo mensuradas em protocolos de treinamento autoajustável (SEILER; HETLELID, 2005; SEILER; SJURSEN, 2004), o  $t@VO_{2max}$  ainda não foi avaliado. Enquanto a redução da intensidade e o aumento do tempo da recuperação entre esforços prescritos em intensidade fixa apresentam redução dos valores de  $t@VO_{2max}$  (TARDIEU-BERGER et al., 2004; THEVENET et al., 2007a), o efeito oposto poderia ser evidenciado na metodologia de intensidade autoajustável, visto que a intensidade é elevada quando maiores períodos de descanso são fornecidos (SEILER; HETLELID, 2005). Tendo em vista a efetividade de protocolos de TI compostos por esforços de média e longa duração e relações esforço:pausa (E:P) de 2:1 e 4:1 (SANDBAKK et al., 2013; SEILER et al., 2013), e sua aplicabilidade em atletas competitivos (RØNNESTAD et al., 2015; SANDBAKK et al., 2013; SEILER et al., 2013), a avaliação do  $t@VO_{2max}$  poderia ser importante para o melhor entendimento do método de intensidade autoajustável.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Analisar e comparar o desempenho e as respostas fisiológicas agudas de quatro protocolos de TI em intensidade autoajustável prescritos por 4 esforços de 4 ou 8 minutos e relações E:P de 2:1 ou 4:1, em ciclistas treinados.

### 1.1.2 Objetivos específicos

Comparar o tempo absoluto (minutos) e relativo (% tempo total de sessão) acumulados nos percentuais de 90-94% ( $t_{90}$ ),  $\geq 95\%$  ( $t_{95}$ ) e  $\geq 90\%VO_{2max}$  ( $t@VO_{2max}$ ) entre os quatro protocolos;

Analisar a influência da razão esforço:pausa em parâmetros de carga interna (fisiológicos e perceptuais) e externa (produção de potência mecânica);

Relacionar as respostas fisiológicas e de desempenho obtidas durante os protocolos com os índices fisiológicos obtidos durante o teste incremental.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Em revisão de estudo que analisou aspectos fisiológicos e metodológicos da prescrição de TI, Tschakert e Hofmann (2013) citam uma diversidade de protocolos prescritos a partir de diferentes índices derivados da FC e  $VO_2\text{max}$  fazendo crítica ao baixo número de investigações que verificaram o efeito agudo de tais prescrição sob parâmetros de desempenho (e.g. potência/velocidade), metabólicos (e.g. lactato), perceptuais (e.g. PSE) e respostas cardiovasculares. A falta destas informações pode comprometer a aplicação individual de treino, pois, alguns modelos de prescrição falham ao tentar estabelecer magnitudes de estresse fisiológico semelhante entre indivíduos durante sessões de treino, fator que mais tem chamado a atenção durante protocolos de treinamento (HOFMANN; TSCHAKERT, 2011; SCHARHAG-ROSENBERGER et al., 2010; TSCHAKERT; HOFMANN, 2013).

Na revisão será indicado algumas limitações importantes de variáveis comumente utilizadas como parâmetro de controle de intensidade no momento da prescrição. Uma das limitações comuns entre elas identifica-se o custo financeiro, o que acaba inviabilizando a aquisição de equipamentos. A prescrição do TI via intensidade autoajustável, por outro lado, dispensa a utilização de qualquer instrumento de medição fisiológica e de desempenho, sendo possível executá-lo com apenas um cronômetro, portanto, um bom recurso a ser utilizado para melhorar a aptidão física de ciclistas. A utilização deste tipo de prescrição tem demonstrado sensibilidade na potência gerada diante das alterações de tempo de exercício, com maiores intensidades sendo evidenciadas em estímulos de menor duração.

Com base na proposta de intensidades necessárias para potencializar as adaptações cardiorrespiratórias (90-94%  $VO_2\text{max}$  ou  $\geq 95\%$   $VO_2\text{max}$ ), não há consenso sobre os efeitos provindos entre o acúmulo de tempo nestas intensidades específicas. No entanto, estudos de Sandbakk et al. (2013) e Seiler et al. (2013) demonstram superioridade para prescrições de intensidade autoajustável de maior duração e menor intensidade (5-10 minutos,  $\sim 90\%$  FCmax), porém, nenhum estudo até o momento se dedicou a investigar os percentuais de  $VO_2\text{max}$  e tempo acumulado nas respectivas intensidades.

Dessa forma, o maior conhecimento sobre a sensibilidade deste modelo bem como a compreensão das intensidades atingidas de acordo com as durações de estímulos e recuperações necessárias pode

beneficiar o conhecimento científico e aplicação prática do treinamento de ciclistas.

### 1.3 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

O presente estudo delimita-se a analisar as respostas fisiológicas, perceptuais e de desempenho provenientes de quatro protocolos de TI prescritos a partir do método de intensidade autoajustável em ciclistas treinados.



## 2REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1UTILIZAÇÃO DE TI NO CICLISMO

Diversas formas de treino podem resultar na melhora da habilidade de sustentar altas cargas por grandes períodos de tempo (LAURSEN, 2010). Dentre os formatos mais utilizados, destacam-se os treinos com grandes volumes ou de intensidades elevadas (LAURSEN, 2010). Apesar de atletas de *endurance* dedicarem ~75% da duração total dos treinos abaixo do limiar de lactato (LL1), intensidades bem abaixo da presenciada durante a grande maioria das competições (SEILER; HAUGEN; KUFFEL, 2007; SEILER; TØNNESEN, 2009), maior discussão tem sido dedicada aos treinos intervalados acima da intensidade de segundo limiar de lactato (LL2). Uma possível explicação para este retrato está no consenso do grande volume de treino necessário para a evolução da aptidão do atleta (PLEWS et al., 2014; SEILER; TØNNESEN, 2009) e baixo nível de estresse, possibilitando maior frequência de treino (SEILER; HAUGEN; KUFFEL, 2007). Por este motivo, a distribuição da carga com formato polarizado (~80% <LL e ~20% >LL2; i.e. 80:20) permite alterações diárias da carga de treino frente ao estresse ocasionado no organismo por cargas de diferentes intensidades utilizadas anteriormente, resultando em ganhos superiores nas variáveis de desempenho (LAURSEN, 2010; SEILER, 2010; SEILER; HAUGEN; KUFFEL, 2007).

O número expressivo de estudos comparando métodos de TI também é suportado por conta da menor variação de estímulos durante o treinamento de baixa intensidade (TSCHAKERT; HOFMANN, 2013). Crescente prescrição do TI também pode ser visto para sujeitos destreinados na última década, no entanto, esforços em intensidades acima de LL2 recebem maior notoriedade à medida que os atletas reportam nível de desempenho superior, ou ainda, proximidade da data do evento competitivo, demonstrando importância na manutenção e melhora de variáveis fisiológicas associadas ao sistema aeróbio, como o consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>max), deslocamento para a direita da curva de limiares fisiológicos, aumento na quantidade e tamanho de mitocôndrias e por conseguinte incremento na atividade enzimática, o que tem suportado os aumentos das taxas de oxidação de carboidratos e ácidos graxos livres e maior força de contratilidade, elasticidade e vascularização do miocárdio. É possível visualizarmos, ainda, aumento da atividade neuromuscular induzido pelo aumento da taxa de disparos, maior resistência à fadiga, aumento da capacidade de tamponamento,

entre outras (SEILER et al., 2013; STEPTO et al., 1999; WESTON et al., 1997).

A prescrição do TI envolve, pelo menos, dez variáveis, as quais podem ser manipuladas de acordo com os objetivos da sessão (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a; BUCHHEIT; UFLAND, 2011; ZADOW et al., 2015). Enquanto a escolha da modalidade, duração e intensidade dos esforços e da recuperação são os principais fatores que determinam as respostas fisiológicas agudas, alterações importantes como o agrupamento de repetições em séries permite que a intensidade apresente menor decréscimo durante a sessão (RØNNESTAD et al., 2015; TARDIEU-BERGER et al., 2004). Neste caso, o número e duração das séries, bem como o tempo e intensidade de recuperação entre elas, constituem áreas de interesse para o melhor desenvolvimento de capacidades específicas. Recentemente, Zadow et al. (2014) adicionaram a estratégia de *pacing* empregada durante os esforços como perceptível influente em respostas metabólicas e mecânicas durante estímulos de alta intensidade. Esta infinidade de modificações explica em parte a alta variedade de estímulos evidenciados na literatura e discrepâncias em respostas agudas e crônicas entre estímulos parcialmente semelhantes (LAURSEN et al., 2002; MIDGLEY; MCNAUGHTON; JONES, 2007; RØNNESTAD; HANSEN, 2016; SEILER; HETLELID, 2005; SMITH; COOMBES; GERAGHTY, 2003).

De forma geral, as alterações fisiológicas crônicas que suportam a efetividade de protocolos de TI são providas por adaptações cardíacas, tais como aumento da elasticidade, força de contratilidade, alargamento das câmaras e vascularização do músculo cardíaco (HELLSTEN; NYBERG, 2015; HEYDARI; BOUTCHER; BOUTCHER, 2013). A capacidade respiratória do músculo esquelético também pode ser alterada com o TI, em que visualiza-se incremento na função enzimática relacionada ao metabolismo aeróbio, mais especificamente sob a densidade mitocondrial (JACOBS et al., 2013). A combinação desses ajustes obtidos pelo treinamento físico manifesta-se através do aumento da capacidade de sustentar elevadas intensidades (COYLE et al., 1991).

### **2.1.1 TI no ciclismo: manipulação da intensidade a partir de variáveis externas**

Devido à falta de acesso às informações sobre adaptações orgânicas decorrentes de diferentes protocolos intervalados na década de 90 em atletas de *endurance* bem treinados, os protocolos empregados na

época tiveram a intensidade de treino limitada em percentuais fixos da potência pico (PPO) obtidas em teste progressivo máximo, de acordo com orientações de treinadores (LINDSAY et al., 1996; STEPTO et al., 1999).

Ainda hoje, observa-se que maior parte dos estudos que envolveram prescrição de TI para atletas de ciclismo tiveram a intensidade e duração dos estímulos diretamente vinculados aos parâmetros de desempenho máximo (potência aeróbia máxima, Pmax; tempo de exaustão na Pmax, Tmax e PPO) (LAURSEN et al., 2002, 2005; LAURSEN; BLANCHARD; JENKINS, 2002; STEPTO et al., 1999; SWART et al., 2009; WESTGARTH-TAYLOR et al., 1997; WESTON et al., 1997). Apesar da grande diferença de metodologias empregadas, aplicações de TI com cargas baseadas em valores condizentes com a aptidão do indivíduo no ciclismo destacam a eficácia de protocolos de esforços prescritos em intensidades máximas (TImax; 100%Pmax, 100%PPO) (LAURSEN et al., 2002, 2005; STEPTO et al., 1999; SWART et al., 2009; WESTGARTH-TAYLOR et al., 1997; WESTON et al., 1997) e supramáximas (TIsup; 175%PPO) (LAURSEN et al., 2002, 2005; PAQUETTE et al., 2017; STEPTO et al., 1999; SWART et al., 2009; WESTGARTH-TAYLOR et al., 1997; WESTON et al., 1997). O treinamento intervalado com cargas submáximas (TIsup; 80-85%PPO) também têm reportado ganhos, porém, não de forma unânime (LINDSAY et al., 1996; PAQUETTE et al., 2017; STEPTO et al., 1999; SWART et al., 2009; WESTGARTH-TAYLOR et al., 1997; WESTON et al., 1997).

As prescrições de TImax normalmente são compostos por 4-8 repetições de 50-80% da Tmax com tempo de recuperação de 50%Tmax, 120%Tmax ou até o retorno de 65%FCmax (LAURSEN et al., 2002, 2005; LAURSEN; SHING; JENKINS, 2004; RØNNESTAD; HANSEN, 2016) e 20 estímulos de 1 minuto de duração em carga de PPO (1:2, recuperação passiva) (LAURSEN; BLANCHARD; JENKINS, 2002). Esforços supramáximos (TIsup), têm sido prescritos por 12 x 30s a 175%PPO com carga de 7,5% da massa corporal por 4,5 min de recuperação) (LAURSEN et al., 2002, 2005; STEPTO et al., 1999). Em estudo que comparou dois protocolos TImax com duração de estímulos de 60%Tmax com divergências na recuperação (8 x 60%Tmax, recuperação de 120%Tmax ou até retorno de 65%FCmax ) e TIsup (12 x 30 s a 175% PPO, 4,5 min de recuperação passiva), reportou-se ganhos em VO<sub>2</sub>max, TT40km e PPO para ambos os grupos, porém, com valores superiores para o grupo que teve recuperação dependente da FC quando comparado ao TIsup em VO<sub>2</sub>max (+8% vs

+3%) e PPO em teste progressivo máximo (+6% vs +3%), no entanto, sem alterações na velocidade média de contrarrelógio de 40 Km (TT40Km; +5,6 vs +4,3%), demonstrando que, mesmo em atletas bem treinados, diferentes protocolos de TI podem ocasionar melhoras de desempenho (LAURSEN et al., 2002). Vinte estímulos de 1 minuto (1:2 recuperação passiva) executados em intensidade PPO, apontou melhoras significativas dos limiares ventilatórios 1 (LV1; 22%) e 2 (LV2; 15%) e PPO (4,3%) após apenas quatro sessões de treino em atletas altamente treinados (~68 ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>), sem ocasionar melhoras de VO<sub>2</sub>max (LAURSEN; BLANCHARD; JENKINS, 2002).

Por outro lado, investigações envolvendo o T<sub>sub</sub> demonstram resultados conflitantes, no qual a introdução de TI prescritos a 80%PPO sustentados por 4-5 min induziram modificações positivas no desempenho de TT40Km (56,4-65min) e PPO de ciclistas treinados após período de intervenção de quatro semanas (LINDSAY et al., 1996; SWART et al., 2009; WESTGARTH-TAYLOR et al., 1997; WESTON et al., 1997), porém, quando acessadas outras variáveis relacionadas ao desempenho, não foi evidenciado alterações na atividade enzimática da fosfofrutoquinase e citrato sintase (WESTON et al., 1997), LV2 (LINDSAY et al., 1996) e VO<sub>2</sub>max (SWART et al., 2009). A implementação de esforços com carga semelhante, mas de maior duração (4 x 8 min 80% PPO, recuperação 1 min a 100 W), não resultou em mudança de desempenho em TT40Km de ciclistas treinados (STEPTO et al., 1999). Neste caso, o pequeno número de sujeitos (n=4), período de intervenção de apenas 3 semanas e carga deficiente foram fatores decisivos para a ausência de efeitos no grupo que executou esforços de 8 minutos (STEPTO et al., 1999). Assim, é possível que a duração dos estímulos prescrito (8 min) não foi o maior responsável pela falta de alterações no desempenho, mas os esforços prescritos em intensidade demasiadamente leve.

Um dos principais efeitos do treinamento de *endurance* baseia-se no deslocamento da curva dos limiares ventilatórios para a direita (COYLE et al., 1991; LAURSEN; BLANCHARD; JENKINS, 2002; MIDGLEY; MCNAUGHTON; JONES, 2007). Assim, atletas com maior aptidão conseguem sustentar longos períodos de esforço em intensidades relativas maiores, como reportado por Coyle et al. (1991) em que atletas de elite sustentaram maior fração do VO<sub>2</sub>max do que atletas de alto nível durante contrarrelógio de 1h (89,7 vs 85,8% VO<sub>2</sub>max), apesar de não apresentarem diferença em VO<sub>2</sub>max relativo e absoluto. Por apresentarem potência média de ~80%PPO durante TT40km, e assumindo a potência média do teste como intensidade

próxima à máxima fase estável de lactato (MFEL) (HARNISH; SWENSEN; PATE, 2001), pressupõe-se que a ausência de alterações de desempenho evidenciada tenha sido por conta da carga deficiente empregada ao invés da alta duração e razão esforço:pausa adotada (STEPTO et al., 1999), diferentemente das respostas obtidas por Westgarth-Taylor et al. (1997), por exemplo, em que o TT40km foi executado a ~75%Pmax.

Diante dos achados, observa-se efetividade de distintos programas de TI a partir de adaptações divergentes sobre as variáveis capacidade anaeróbia (CAn), neuromuscular, limiares ventilatórios e  $VO_2\text{max}$ , de modo que a execução de TI prescritos a partir de intensidades de diferentes magnitudes possam apresentar melhoras no tempo de TT40km devido aos ajustes fisiológicos positivos ocorridos sob diferentes índices fisiológicos importantes em desempenho de TT40km e, conseqüentemente, reduções no tempo total de teste (LAURSEN et al., 2002, 2005; LAURSEN; BLANCHARD; JENKINS, 2002; LINDSAY et al., 1996; PAQUETTE et al., 2017; STEPTO et al., 1999; SWART et al., 2009; WESTGARTH-TAYLOR et al., 1997; WESTON et al., 1997).

A partir dos resultados apresentados, percebe-se que a capacidade de *endurance* pode ser melhorada a partir de diferentes estratégias. De modo geral, é possível classificar os estímulos de acordo com o tipo de estresse induzido durante a sessão de treino. Assim, a maioria dos estudos tem definido protocolos com ênfase na melhora do componente aeróbio e no componente anaeróbio (BILLAT, 2001a, 2001b, BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a, 2013b). Devido ao objetivo deste trabalho referir-se aos métodos de treino empregados para melhora da capacidade aeróbia, a presente revisão se voltará às variáveis de controle que influenciam prioritariamente os ajustes do componente oxidativo.

## 2.2MELHORA DO COMPONENTE AERÓBIO

Intervenções lideradas pelo grupo do Prof. Noakes no final da década de 90 demonstraram que estímulos de 4-5 min a 80% PPO são capazes de promover mudanças positivas na aptidão de ciclistas bem treinados (LINDSAY et al., 1996; WESTGARTH-TAYLOR et al., 1997; WESTON et al., 1997). De acordo com investigação de Stepto et al. (2001) que analisaram a demanda metabólica durante 8 estímulos de 5 min a 82,5% PPO com recuperação ativa de 1 min a 100W (carga próxima de intervenções que resultaram em ganhos significativos de

desempenho), atletas apresentaram aumento significativo ao longo dos esforços de 80 para 87% e 83,4 para 89,3% respectivamente para valores agudos de  $VO_2\max$  e  $FC\max$ . Por outro lado, apesar do elevado nível dos atletas maior parte dos estudos que empregaram esforços a 80%PPO foram executados no final do período preparatório e se encontravam a mais de três meses sem realizar qualquer tipo de treinamento de alta intensidade, o que pode ter favorecido para que ajustes fisiológicos positivos fossem evidenciados pelo simples aumento da intensidade (LINDSAY et al., 1996; STEPTO et al., 1999; WESTGARTH-TAYLOR et al., 1997; WESTON et al., 1997). Vale ressaltar que o emprego desta carga durante seis sessões não foi suficiente para promover aumento da atividade de enzimas relacionadas ao metabolismo aeróbio e anaeróbio (citrate sintase e fosfofrutoquinase), ao mesmo tempo, reportou-se aumento na capacidade de tamponamento muscular ( $\beta m$ ) e desempenho em TT40km, PPO e teste de exaustão ( $T\max$ ) a 150% PPO. Embora tenha sido encontrado correlação entre  $\beta m$  e desempenho em TT40km, a mudança reportada na  $\beta m$  não foi suficiente para explicar a melhora em TT40km (WESTON et al., 1997). Além disso, nenhum estudo que empregou carga de 80%PPO reportou alteração de  $VO_2\max$ , indicando estresse insuficiente para melhora deste componente. Deve-se ressaltar que a melhora cardiorrespiratória não é a única forma de desenvolver a capacidade de *endurance*. Dentre os mecanismos não avaliados e que apresenta forte influência sobre o desempenho de curta e longa duração, sugere-se que o aumento da atividade neuromuscular tenha contribuído para o aumento de desempenho.

Para a melhoria do transporte e sistemas de utilização de oxigênio, recomenda-se elevado acúmulo de tempo em intensidades de 90-100%  $VO_2\max$  ( $t@VO_2\max$ ) durante a sessão devido ao estresse proporcionado na região periférica (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a; GOLLNICK; PIEHL; SALTIN, 1974; MIDGLEY; MCNAUGHTON; WILKINSON, 2006) e central (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a; MIDGLEY; MCNAUGHTON; WILKINSON, 2006; SEILER et al., 2013; SEILER; HAUGEN; KUFFEL, 2007; WENGER; BELL, 1986).

Diante da grande variação de intensidades recomendadas para aumento de desempenho (90-100%  $VO_2\max$ ), alguns estudos têm registrado o tempo acumulado em elevados percentuais do  $VO_2\max$  ( $t@VO_2\max$ ). Para isto, adota-se o tempo acumulado nas intensidades de 90-94%  $VO_2\max$  ( $t90$ ) e  $\geq 95\%$   $VO_2\max$  ( $t95$ ) (DE AGUIAR et al., 2013; RØNNESTAD; HANSEN, 2016; TARDIEU-BERGER et al., 2004; THEVENET et al., 2007a, 2007b; TURNES et al., 2016). Este

tipo de investigação tem sido empregado com a finalidade de avaliar estratégias de ajustes de carga que resultem em maior acúmulo em percentuais de  $\text{VO}_2\text{max}$  desejado, juntamente com a avaliação de respostas agudas (duração da sessão, distância percorrida, tempo para alcançar % $\text{VO}_2\text{max}$  específico, PSE, concentração de lactato sanguíneo [Lac] e pH sanguíneo), favorecendo a compreensão do efeito crônico a partir de respostas agudas (DE AGUIAR et al., 2013; SEILER et al., 2013; THEVENET et al., 2007a, 2007b; TURNES et al., 2016).

OS protocolos que induzem o acúmulo em elevado % $\text{VO}_2\text{max}$  geram elevado estresse sob os principais limitadores do  $\text{VO}_2\text{max}$  (MIDGLEY; MCNAUGHTON; WILKINSON, 2006). A análise de  $t@\text{VO}_2\text{max}$  tem sido sugerido como bom critério para avaliar a efetividade de estímulo de um determinado protocolo (THEVENET et al., 2007a). Com a finalidade de atingir estes valores de  $\text{VO}_2\text{max}$ , diversas propostas de protocolos surgiram, demonstrando grande variação entre eles quanto ao período de esforço, intensidade e recuperação (ler revisão de Buchheit e Laursen. (2013a) para maior detalhamento dos protocolos e  $t@\text{VO}_2\text{max}$ ).

As adaptações providas da maior intensidade ou volume durante o TI foi questionada pelos fisiologistas Astrand e Rodahl em 1986, que levantaram a questão sobre qual dos modelos de treinamento seria mais efetivo, manter 100%  $\text{VO}_2\text{max}$  por 16 minutos ou acumular 40 minutos em intensidades que exigissem 90%  $\text{VO}_2\text{max}$ ? Diversos autores têm trazido à tona esta dúvida, porém, efeitos decorrentes do maior volume ou maior intensidade em atletas de *endurance* continuam a serem discutidos (BILLAT, 2001a; BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a; DUPONT et al., 2002; SANDBAKK et al., 2013; SEILER; TØNNESEN, 2009; TARDIEU-BERGER et al., 2004; THEVENET et al., 2007a, 2007b).

Dentre as investigações que registraram  $t@\text{VO}_2\text{max}$  em protocolos de TI, maior parcela tem sido concentrada à modalidade de corrida, e minimamente dedicada ao ciclismo (RØNNESTAD; HANSEN, 2016; TURNES et al., 2016). Protocolos que consideraram a intensidade de  $\text{VO}_2\text{max}$  ( $\text{IVO}_2\text{max}$ ) e  $T_{\text{max}}$  durante prescrição tem reportado efetividade a partir de sua implementação em atletas bem treinados sob as respostas cardiorrespiratórias e de desempenho (LAURSEN et al., 2002, 2005; SMITH; COOMBES; GERAGHTY, 2003). Normalmente, a duração dos esforços adotados variam entre 50-80% $T_{\text{max}}$  (LAURSEN et al., 2002, 2005; RØNNESTAD; HANSEN, 2016). Tal modelo é conhecido por atender melhor a individualidade por considerar duas variáveis individuais (intensidade e duração).

Na corrida, Smith et al. (2003) demonstraram ganhos superiores em corredores bem treinados ( $61,4 \pm 1,0$  ml.Kg.min) após 8 sessões constituídas por 6 x 60%Tmax (1:2) em teste de 3.000m ( $640,7 \pm 12,9$ s vs  $623,1 \pm 12,3$ s) e Tmax ( $219 \pm 6$ s vs  $269 \pm 13$ s), enquanto que o grupo que realizou 5 x 70% Tmax (1:2) não demonstrou melhoras de desempenho. Entretanto, a transferência dos resultados encontrados na corrida pode não se apresentar da mesma forma no ciclismo.

Em avaliação do tempo para alcançar elevado percentual de  $VO_2$ max em intensidade correspondente à  $IVO_2$ max de ciclistas bem treinados ( $64,8$  ml.kg-1.min-1), o tempo médio para atingir 95%  $VO_2$ max foi de  $148 \pm 39$ s (62%Tmax) e  $176 \pm 47$ s (75%Tmax) para alcançar 100%  $VO_2$ max (LAURSEN; SHING; JENKINS, 2004). Considerando a obtenção do teórico percentual mínimo necessário para induzir mudanças da aptidão aeróbia (90%  $VO_2$ max), sugere-se que, para esta amostra, a utilização de 60% poderia servir como bom parâmetro para prescrição. Como forma de individualizar os esforços, recomenda-se ainda, que a duração dos estímulos varie conforme o tempo necessário para alcance individual dos níveis mínimos exigidos de  $VO_2$  para prescrição, ao invés de percentuais fixos (LAURSEN; SHING; JENKINS, 2004). Apesar disso, duas intervenções que abordaram esta metodologia no ciclismo e utilizaram tempo de esforço de 60%Tmax, resultaram em melhoras de desempenho em teste de TT40km e  $VO_2$ max, como reportado no tópico anterior (LAURSEN et al., 2002, 2005). Em contrapartida, Laursen et al. (2004) constataram elevado coeficiente de variação inter e intraparticipante no tempo para atingir o  $VO_2$ max (22%, 14%), tempo mantido no  $VO_2$ max (60%, 26%), tempo para atingir 95% $VO_2$ max (21%, 15%) e tempo mantido a 95%  $VO_2$ max (41%, 38%).

Respostas agudas diante três protocolos de TI executados em carga de Pmax prescritos através de 50% (G50) e 80% (G80) de Tmax e por tempo não individualizado de 30 segundos (G30) com recuperações de 50% do tempo de esforço a 50% da Pmax até exaustão demonstraram maior duração da sessão para a carga não individualizada quando comparada aos percentuais de 50 e 80. Apesar de não haver diferenças em tempo relativo exercitado  $\geq 90\%VO_2$ max (~53%), valores absolutos superiores foram evidenciados para o protocolo G30 nas variáveis  $t_{90}$ , não havendo diferenças entre os demais grupos. Resultados semelhantes de Volume sistólico pico (VSPico) foi visualizado ao comparar G30 e G50, entretanto, G30 apresentou tempo mantido  $\geq 90\%VSpico$  superior e, também, maior tempo sustentado  $\geq 90\%$  da FCmax. Tempo relativo mantido  $\geq 90\%$  da FCmax apresentou tendência de valores maiores para

G30. Nesse estudo não houve divisão do tempo acumulado nas intensidades de 90-94% e  $\geq 95\%$   $VO_2\max$  (RØNNESTAD; HANSEN, 2016).

Uma visível consideração a ser tomada ao reproduzir as cargas utilizadas em estudos refere-se ao tipo de protocolo progressivo utilizado, visto que diferentes formas de acréscimo de carga e duração dos estágios podem refletir em pequenas, porém, significantes alterações nos valores relacionados à  $P_{\max}$  e PPO (BENTLEY; NEWELL; BISHOP, 2007).

Diversos métodos podem ser empregados a fim de elevar a intensidade do exercício, porém, a dificuldade de estabelecer níveis de estresse fisiológico semelhantes entre indivíduos, independentemente da aptidão, durante estímulos de alta intensidade chamam a atenção de treinadores e pesquisadores (HOFMANN; TSCHAKERT, 2011; MEYER; GABRIEL; KINDERMANN, 1999; SCHARHAG-ROSENBERGER et al., 2010; TSCHAKERT; HOFMANN, 2013). A relativização da carga externa pela intensidade de LL2 serve como boa alternativa para adequação da carga prescrita (TSCHAKERT; HOFMANN, 2013).

As intensidades relacionadas aos percentuais 90-100%  $VO_2\max$  usualmente estão situadas dentro do domínio severo. Por este motivo, a potência crítica também se faz como importante marcadora durante a prescrição de TI (POOLE et al., 2016; TURNES et al., 2016). Claras diferenças quanto ao tempo sustentado e respostas fisiológicas ([Lac], FC, PSE, cinética de  $VO_2$ ) podem ser encontradas ao comparar diferentes intensidades contidas nesse domínio (TURNES et al., 2016). A comparação de protocolos de baixa (4 x 5 min 105%PC, 1 min de recuperação passiva) e alta intensidade severa (2 x 4 x 60%Tmax a 100%IHigh, 1:2 recuperação ativa a 80% LL), sendo IHigh a maior intensidade em que o  $VO_2\max$  pode ser atingido, os autores demonstraram maior t100 para cargas prescritas em intensidade superior (TURNES et al., 2016). Ganhos similares entre os grupos nas variáveis  $P_{\max}$  (~10%), PC (~12%), IHigh (~6,5%) foram reportadas após 12 sessões de treino (TURNES et al., 2016). Em contrapartida, respostas superiores de  $VO_2\max$  e LL2 foram encontradas para o grupo que se exercitou em intensidade superior (6,3% vs 3,3%; 54,8% vs 27,9%, respectivamente) (TURNES et al., 2016). Interessantemente, não foi encontrado correlação entre aumento de  $VO_2\max$  e t100 (TURNES et al., 2016), o que nos faz questionar se t100 apresenta maior importância do que t90 e t95, e ainda, se haveria interação entre os ganhos advindos do treinamento e t@ $VO_2\max$  em percentuais inferiores.

Para prescrições de treinamento que envolvem percentagem fixa de variável de desempenho há a necessidade de reavaliação laboratorial constante afim de manter a intensidade dos estímulos na zona adequada. Intervenções normalmente têm reacessado o desempenho de sujeitos após 2-3 semanas (~4 sessões) para adequação das cargas (ABBISS; LAURSEN, 2008; LAURSEN et al., 2002; WESTGARTH-TAYLOR et al., 1997; WESTON et al., 1997). A falta de retestes poderá incidir na prescrição de cargas subótimas e em adaptações inferiores do que quando reavaliados.

Com base nos estudos que realizaram a quantificação de  $t@VO_2max$  nos esportes, destaca-se a prevalência de uso de parâmetros externos (i.e. potência/velocidade), variáveis que refletem o nível de aptidão dos sujeitos e servem de controle para a execução do TI. O uso de variáveis internas (FC e  $VO_2$ ) tem recebido menor atenção devido à falta de estabilidade dos valores e respostas interindividuais diferentes, proporcionando menor controle da exigência física solicitada pelo protocolo. Por este motivo, o tópico seguinte apresentará, de modo resumido, os problemas enfrentados com a prescrição de TI controlado por variáveis fisiológicas conhecidas (FC e  $VO_2$ ) juntamente com suas limitações, e, posteriormente apresentar o método de prescrição de intensidade autoajustável, o qual tem recebido bastante atenção nos últimos anos, bem como explorar suas possibilidades e lacunas existentes.

## 2.3 VARIÁVEIS INTERNAS PARA MANIPULAÇÃO DA INTENSIDADE DURANTE O TI

### 2.3.1 Frequência Cardíaca (FC)

O baixo custo e facilidade de mensuração da FC vêm possibilitando o monitoramento do trabalho do músculo cardíaco em tempo real durante sessões de treinamento físico (JEUKENDRUP; DIEMEN, 1998). A aplicação pode ser vista em diferentes contextos ao relacioná-la com exercício físico, desde o monitoramento até o controle da carga de treino (LAMBERTS et al., 2009; SWART et al., 2009). Porém, diferentemente da maioria das variáveis fisiológicas, a quantidade máxima de batimentos por minuto normalmente não se altera com o treinamento. Importante salientar que percentuais da  $FC_{max}$  tendem a não refletir em estímulos semelhantes entre sujeitos como reportado por Meyer et al. (1999), em que, ciclistas e triatletas treinados

( $\text{VO}_2\text{max}$   $62 \pm 5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) submetidos à avaliações laboratoriais com cargas de 70 e 85% $\text{FCmax}$  manifestaram alta variação destas intensidades quando expresso em Watts produzidos com relação à potência correspondente ao LL2, variando entre 53-85% e 87-116%, respectivamente para os percentuais fixos de FC (MEYER; GABRIEL; KINDERMANN, 1999).

Devido ao comportamento diferenciado da curva da FC durante teste progressivo entre indivíduos, a FC associada ao LL1 e LL2 apresentam diferenças significativas mesmo para sujeitos com níveis de aptidão semelhantes. Por este motivo, a exposição de indivíduos a percentagens específicas de  $\text{FCmax}$  promove respostas fisiológicas e de desempenho (W) diferentes e, portanto, não oferecem bons parâmetros para a prescrição (HOFMANN; TSCHAKERT, 2011; MEYER; GABRIEL; KINDERMANN, 1999).

De acordo com as recomendações de relativização da carga de esforço ao LL2 ou à potência crítica (POOLE et al., 2016; TSCHAKERT; HOFMANN, 2013), a prescrição da carga normalmente leva em consideração os parâmetros de FC ou potência, visto que são equipamentos que os atletas podem dispor, enquanto que medidas de  $\text{VO}_2$  e [Lac] normalmente se restringem aos laboratórios ou para profissionais com maior recurso e fundamentação teórica para interpretação de resultados.

No entanto, percebe-se que mesmo na MFEL, nem todos os índices apresentam estabilidade (BARON et al., 2003). Avaliações fisiológicas revelaram que mesmo em exercício de carga constante de 30 minutos, respostas da FC, pressão do dióxido de carbono arterial, pH e frequência ventilatória sofreram aumento entre o 10º e 30º minuto. Um dos principais problemas na utilização da FC é atribuído aos efeitos bem esclarecidos como drift cardiovascular que descreve o fenômeno de aumento da FC mesmo em intensidades do domínio pesado devido ao aumento da temperatura corporal, desidratação e maior ativação simpática (COYLE; GONZÁLEZ-ALONSO, 2001).

### **2.3.2 Consumo de oxigênio ( $\text{VO}_2$ )**

Resultados semelhantes aos evidenciados em estudos que controlaram a intensidade a partir da FC têm sido publicado por Scharhag-Rosenberger et al. (2010) a respeito da manipulação da carga relativizada pelo consumo de oxigênio (% $\text{VO}_2\text{max}$ ). Ao analisar respostas metabólicas e tempo de exaustão em indivíduos de baixa (<55

ml kg<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup>), média (55-65 ml kg<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup>) e alta capacidade aeróbia (>65 ml kg<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup>) durante protocolos constantes a 60 e 75% VO<sub>2</sub>max, visualizou-se respostas divergentes mesmo para indivíduos alocados na mesma condição física. Maior disparidade foi evidenciada quanto às respostas de Tmax a 75% VO<sub>2</sub>max, variando entre 15 e 60 minutos (tempo máximo permitido). As intensidades de 60 e 75% VO<sub>2</sub>max também induziram alta variação nas [Lac] (~1-7 e ~2,5-8 mmol.L) e FC (~140-190 e ~160-200bpm), não havendo correlação entre maior [Lac] e término de exercício, com exceção em sujeitos que demonstraram aumento abrupto na concentração. Um dos achados que chamaram atenção foi que o número de sujeitos que se exercitaram acima de Lan não foi maior entre os indivíduos que cessaram o exercício de modo prematuro. De acordo com os autores, a fadiga neuromuscular poderia ser um dos mecanismos responsáveis por estes achados (SCHARHAG-ROSENBERGER et al., 2010).

Em corroboração, Meyer et al. (1999) também demonstraram que prescrições a 60 e 75% VO<sub>2</sub>max corresponderam a 66-91% e 86-118% de LL2 de ciclistas e triatletas treinados (VO<sub>2</sub>max 62 ± 5ml.kg-1.min-1). A alta variabilidade evidenciada demonstra a falta de confiabilidade deste marcador fisiológico durante a prescrição (MEYER; GABRIEL; KINDERMANN, 1999).

Outro problema evidenciado em prescrições de TI através de percentuais fixos de VO<sub>2</sub>max fundamenta-se no comportamento instável do VO<sub>2</sub> dentro do domínio severo (POOLE et al., 2016), havendo a necessidade de adequação da carga (W) constantemente afim de manter a intensidade desejada na prescrição, invalidando sua aplicação no cotidiano (Scharhag-Rosenberger et al., 2010). Portanto, sugere-se adequação da carga a partir de diferentes parâmetros simultaneamente ao invés do uso exclusivo de um único parâmetro (FC, VO<sub>2</sub>, potência) (MEYER; GABRIEL; KINDERMANN, 1999).

### **2.3.3 Intensidade autoajustável**

Diferentemente da execução de sessões de treinos intervalados monitorados por variáveis fixas, a prescrição de TI a partir do método de intensidade autoajustável (self-paced training), envolve a manipulação de variáveis independentes (distância ou tempo), na qual o indivíduo deve manter a maior velocidade/potência média possível dentro do período de esforço estipulado (MIDGLEY; MCNAUGHTON; JONES, 2007). Este tipo de prescrição que já vem sendo aplicado em atletas vem recebendo maior apreciação por pesquisadores da área esportiva em

decorrência dos resultados positivos encontrados em avaliações cardiorrespiratórias e de desempenho físico, além da facilidade de prescrição e naturalidade de interpretação por parte dos atletas, o que torna uma opção atraente para pesquisadores, treinadores e atletas (HULSTON et al., 2010; MIDGLEY; MCNAUGHTON; JONES, 2007; RØNNESTAD et al., 2015, 2014; SANDBAKK et al., 2013; SEILER et al., 2013; YEO et al., 2008).

Devido à elevada velocidade atingida durante o TI no ciclismo, a manipulação dos estímulos é baseada principalmente em sua duração, visto que a prescrição pela distância pode sofrer fortes influências de fatores ambientais (i.e. grau de elevação, tipo de terreno, vento), ocasionando em estímulos divergentes e, por ora, em inconformidade com a demanda fisiológica planejada (MIDGLEY; MCNAUGHTON; JONES, 2007; SEILER; HETLELID, 2005).

Análises do modo de controle da intensidade durante atividades cíclicas têm sugerido a existência de um centro regulatório no cérebro responsável por monitorar informações internas (reservas e taxa metabólica) e externas (biomecânica), juntamente com o conhecimento do ponto final do exercício (exercício de circuito fechado). Estes dados coletados adentram em um processo algorítmico que tem como resultado o envio de respostas eferentes apropriadas de modo a evitar a exaustão precoce do atleta (ST CLAIR GIBSON et al., 2006; ULMER, 1996). Este processo que integra diferentes feedbacks e define a intensidade a ser produzida recebe o termo de "teleantecipação" (ULMER, 1996).

Esta proposta de controle da intensidade durante o TI é recente, sendo que a maioria dos estudos tem sido publicada na última década (HULSTON et al., 2010; LAURENT et al., 2014; MIDGLEY; MCNAUGHTON; JONES, 2007; RØNNESTAD et al., 2015, 2014; SANDBAKK et al., 2013; SEILER et al., 2013; SEILER; HAUGEN; KUFFEL, 2007; SYLTA et al., 2016; SYLTA; TØNNESEN; SEILER, 2014; YEO et al., 2008). Nas investigações, divergências são encontradas quanto aos protocolos (duração dos estímulos, tempo total de esforço e relação esforço:pausa) e aptidão da amostra (RØNNESTAD et al., 2015; RØNNESTAD; HANSEN; ELLEFSEN, 2014; SEILER et al., 2013). A inclusão de 24 sessões compostas por 5-6 repetições de 5-6 minutos seguido por 2,5 a 3 minutos de recuperação têm demonstrado melhora sobre índices de desempenho aeróbio ( $VO_2max$ , TT40min e LL1) após intervenção de 12 semanas (RØNNESTAD et al., 2014). Demonstrou-se também, que, após 10 semanas compreendidas por dois treinos semanais, ciclistas bem

treinados que executaram 39 repetições de 30 segundos máximos por 15 segundos de recuperação passiva (TI30s) apresentaram ganhos superiores em testes de Wingate, TT5min, TT40 min, LL2 e VO<sub>2</sub>max, quando comparados aos atletas que realizaram 4 repetições de 5 min separado por 2,5 min de recuperação (TI5min), que exibiram melhorias apenas em TT40min (RØNNESTAD et al., 2014). Neste caso, estímulos de 30 segundos apresentaram potência média ao longo da intervenção de  $363 \pm 32$  W, potência superior aos tiros de maior duração que apresentaram média de  $324 \pm 42$  W (RØNNESTAD et al., 2014). Ainda, ao relativizar a potência média gerada na primeira sessão com valores de LL2, os estímulos de menor duração expressaram percentual maior (~143 vs 123% LL2).

A antiga dúvida levantada pelos fisiologistas no final da década de 80 a respeito da contribuição do volume e da intensidade durante o TI sob as adaptações crônicas (ASTRAND; RODAHL, 1986) foram investigadas recentemente, em que se utilizou prescrições que estabelecessem a obtenção das intensidades 90 e 100% VO<sub>2</sub>max, com base nos resultados da frequência cardíaca (FC), visto a similaridade do tempo sustentado nos percentuais específicos das variáveis a partir de observações diretas (i.e. 45-60min a 90% e 15-30min a 100%FCmax) (SEILER et al., 2013). Para isto, compararam-se os efeitos entre protocolos de treinamentos intervalados longos compostos por quatro repetições de quatro (G4, ~95%FCmax) e oito minutos (G8, ~90%FCmax) executados na máxima intensidade possível (intensidade autoajustável) seguidos por 2 minutos de descanso, em ciclistas recreacionais, ao longo de sete semanas consistidos por duas sessões semanais. Apesar de os protocolos G4 e G8 apresentarem ganhos significativos em Pmax (+5,2 vs +8,5%), LL2 (+8,2 vs +16,2%) e Tmax à 80% Pmax (+63,3 vs +91%), somente o G8 induziu alterações nas variáveis nas variáveis volume pulmonar de ar expirado (VE) e VO<sub>2</sub>Pico absoluto e relativo (+7,1%; +8,5% e +9,8%, respectivamente). Outro ponto importante foi visualizado na avaliação da magnitude de resposta individual ao treinamento, em que, todos os sujeitos alocados no grupo 4x8 apresentaram mudanças fisiológicas e de desempenho categorizadas como sendo moderada ou grande, enquanto > 50% dos atletas do grupo 4x4 demonstraram efeito trivial (SEILER et al., 2013).

De acordo com os resultados obtidos, pôde-se concluir que maior volume e menor intensidade (32min a 90%FCmax; ~90% VO<sub>2</sub>max) induziram maiores mudanças nas variáveis predictoras de desempenho do que menor volume em intensidade superior (16min a 94%FCmax; ~95% VO<sub>2</sub>max) (SEILER et al., 2013).

Ao explorar os efeitos de treinamento semelhante, porém, para esquiadores altamente treinados, Sandbakk et al. (2013) reportaram ganhos similares de  $\text{VO}_2\text{max}$  relativo ( $3,7 \pm 1,6\%$  e  $3,5 \pm 3,2\%$ , ambos  $p < 0,01$ ) ao aplicarem treinamento com carga autoajustável a partir de esforços longos (5-10 min; LIG) e de curta duração (1-4 min; SIG). Entretanto, observou-se que apenas os atletas submetidos ao grupo LIG demonstraram ganhos significativos entre os momentos pré-pós nos testes de TT12km ( $6,8 \pm 4\%$ ;  $p < 0,05$ ) e TT7km em subida ( $4,8 \pm 2,6\%$ ;  $p < 0,05$ ) e LL2 (% $\text{VO}_2\text{max}$ ) ( $5,8 \pm 3,3\%$ ;  $p = 0,004$ ). Efeito significativo do tipo de treinamento foi visualizado sob o desempenho dos testes TT12km ( $p = 0,03$ ) e TT7km ( $p = 0,02$ ). Na comparação entre protocolos o grupo LIG manifestou superioridade sob o SIG em TT12km (-139,6 s vs 16,7 s; effect size (ES) = 1,35), TT7km (-94 s vs 33,9 s; ES = 1,33) e LL2 (% $\text{VO}_2\text{max}$ ) (4,1% vs -0,48%; ES = 2,31). Em todas variáveis investigadas, o grupo controle exibiu inferioridade das respostas ao ser comparado com o grupo LIG.

Em estudo de revisão, Buchheit e Laursen. (2013a) demonstraram brevemente as vantagens obtidas em estudo de Seiler et al. (2013) a partir do método de intensidade autoajustável e citaram a limitação deste modelo de prescrição, relatando a falta de manipulação precisa de respostas fisiológicas, e, com isso, redução na habilidade de adquirir adaptação específica. Entretanto, deve-se considerar que um dos principais achados de Seiler et al. (2013) e Sandbakk et al. (2012) foi justamente a alocação da intensidade em diferentes níveis de exigência (potência, PSE, %FCmax e [Lac]) e, possivelmente, distinção das cargas para os valores  $t_{90}$  e  $t_{95}$  (sugerido pelos autores) frente à manipulação do tempo de esforço. Enquanto estímulos de quatro minutos foram executados à 131% da intensidade de LL2, o dobro do volume reduziu a intensidade para 113% de LL2 nos tiros de 8 min (SEILER et al., 2013). Do mesmo modo, Sandbakk et al. (2012) fizeram a distinção de quatro intensidades utilizando como referência os valores de FC e duração dos esforços da seguinte forma: intensidade leve 60-74%FCmax (INT1), intensidade moderada 75-87%FCmax (INT2); TI longa duração 5-10 min (INT3), TI média duração 2-4 min (INT4). Comprovando a capacidade do mecanismo teleantecipatório em alterar a intensidade de acordo com a duração programada na sessão.

Tem sido demonstrado que diferentes estratégias de pacing alteram a potência produzida e as respostas cardiorrespiratórias durante uma sessão de TI (ZADOW et al., 2015). Neste contexto, Sylta et al. (2016) propuseram a adoção de pacing constante (+/- 2%) e positivo em protocolos de TI prescritos via intensidade autoajustável. Apesar das

recomendações, 36% dos atletas não cumpriram com o pacing estipulado, sendo mais recorrente em protocolos compostos por esforços de menor duração (i.e. 4x4 min). Ainda assim, esse tipo de recomendação assegura que boa parte dos atletas não excedam na potência produzida no início do treino.

Visto que a análise cardiorrespiratória aguda de sessões serve como bom parâmetro para inferir as adaptações subseqüentes esperadas (THEVENET et al., 2007a), é possível que a pertinente questão de superioridade em respostas crônicas pelo maior acúmulo em  $t_{90}$  ou  $t_{95}$  possa ser identificada a partir de sessões agudas com cargas semelhantes à realizada recentemente por Seiler et al. (2013), em que responderam a efetividade dos protocolos com base em percentuais específicos de  $FC_{max}$  e não de  $VO_{2max}$  como normalmente vem sendo investigado (DUPONT et al., 2002; RØNNESTAD; HANSEN, 2016; TARDIEU-BERGER et al., 2004; THEVENET et al., 2007a, 2007b; TURNES et al., 2016). A avaliação aguda de protocolos de TI prescritos pelo método de intensidade autoajustável fornecerá informações importantes sobre as respostas agudas diante deste modelo de prescrição, assim como sensibilidade de alterações de desempenho e exigência cardiorrespiratória a partir de modificações na duração dos estímulos e na recuperação.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 PARTICIPANTES DA PESQUISA

Onze ciclistas treinados do sexo masculino ( $34,4 \pm 6,2$  anos,  $74,7 \pm 8,1$  kg,  $176,9 \pm 4,4$  cm,  $12,2 \pm 3,4\%$  gordura corporal) foram recrutados para participar deste estudo a partir de redes sociais. Os ciclistas não reportaram lesões ou doenças cardiorrespiratórias, e tinham um mínimo de dois anos de experiência no esporte e em competições, e volume médio de treino de  $265,5 \pm 67,1$  km.sem-1. Os ciclistas foram classificados em nível de performance 2-3 (PL2-PL3) (recreacionais-competitivos;  $VO_2\text{max} = 3,4-4,9$  mL.min-1) (DE PAUW et al., 2013). Estas informações foram obtidas por meio de um questionário a respeito dos hábitos e do histórico de treinamento.

Os atletas foram instruídos a manterem o treinamento e dieta alimentar normal ao longo do estudo e reproduzirem a mesma alimentação nos dias de testes. Ainda, foram orientados a evitarem o consumo de produtos contendo cafeína ou álcool nas 12 horas precedentes a cada teste. Além disso, compareceram ao laboratório pelo menos 2 horas pós-prandial sem terem executado qualquer esforço nas últimas 24 horas e esforços de alta intensidade nas 48 horas precedentes de cada teste, garantindo bom estado recuperativo. Todos os participantes foram informados sobre os objetivos, procedimentos e riscos de modo textual e verbal, e então, assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. O presente projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética local sob o número do parecer 1.692.198.

#### 3.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Os atletas compareceram ao laboratório em cinco diferentes ocasiões com, pelo menos,  $\geq 48$  horas de diferença entre elas. Na primeira visita, realizaram um teste incremental máximo seguido por uma familiarização com os protocolos de treinamento. Nas visitas posteriores os ciclistas realizaram quatro protocolos diferentes de TI com intensidade autoajustável, que se diferiram quanto à duração de esforço (4 ou 8 min) e recuperação (1, 2 ou 4 min). No momento que os atletas entraram em contato com os pesquisadores responsáveis para dar início às coletas de dados do estudo, eles receberam informações por escrito a respeito da escala de PSE 6-20 (BORG, 1970), sendo que nas demais visitas esse conhecimento foi reforçado pelo pesquisador. Ainda,

para facilitar a aprendizagem à metodologia de treinamento com intensidade autoajustável, os atletas foram incentivados a implementar duas ou mais sessões de treino similares ao que foi realizado em laboratório durante suas rotinas de treinamento, de modo a otimizar a aprendizagem a este tipo de prescrição, o que foi evidenciado pela atividade registrada por aplicativo e através de conversa sobre percepção subjetiva de esforço (PSE) e características de pacing adotado. Os atletas foram liberados para dar inícios aos testes no momento em que as respostas perceptuais e curvas de FC apresentassem similaridade com o que é esperado em sessões de TI prescritos por intensidade controlada via modelo de intensidade autoajustável.

Ambos, o teste, incremental e as sessões de TI foram conduzidos na própria bicicleta do atleta, que tiveram os pneus calibrados a 100 libras antes de cada teste. Depois disso, a bicicleta foi montada no ciclosimulador de resistência eletromagnética (Computrainer™ PRO 3D, RacerMate, Seattle, EUA), que havia sido previamente aquecido e calibrado com pressões padronizadas para cada indivíduo variando entre 2,2 e 2,8 libras, conforme instruções do fabricante. Em todas as sessões, foram obtidas medidas de  $\text{VO}_2$ , lactato sanguíneo ([Lac]), FC e PSE. Para evitar variações de desempenho, os testes foram conduzidos no mesmo horário do dia ( $\pm 2$  horas) para cada sujeito.

### 3.3PROCEDIMENTOS

#### 3.3.1Teste incremental máximo

O teste iniciou com potência de 100 W e incrementos de 30 W a cada três minutos foram adicionados até exaustão voluntária ou até não conseguir sustentar cadência acima de 75 revoluções por minuto (rpm) por mais de cinco segundos mesmo com incentivo verbal. Para o teste, a marcha utilizada foi padronizada na menor coroa e na terceira marcha do cassete. A potência aeróbia máxima ( $P_{\text{max}}$ ) foi considerada a maior potência sustentada por 180 segundos durante o teste. Em caso de o atleta não finalizar o estágio por completo, a  $P_{\text{max}}$  foi corrigida através da fórmula  $P_{\text{max}} = P_{\text{final}} + ([t / T] * W)$ , em que  $P_{\text{final}}$  refere-se a última carga sustentada por 180 segundos,  $t$  é o tempo mantido na última carga,  $T$  é o tempo total do estágio (180s) e  $W$  o incremento de cada carga (30 W) (JEUKENDRUP; CRAIG; HAWLEY, 2000).

As medidas de  $\text{VO}_2$  foram obtidas a partir de analisador de gases (Quark PFTergo, Cosmed Srl, Roma, Itália) a cada respiração. Antes de cada teste o instrumento passou pelo processo de calibração usando o ar

ambiente e um gás com concentrações conhecidas de O<sub>2</sub> (16%) e CO<sub>2</sub> (5%), enquanto a turbina bidirecional (medidor de fluxo) foi calibrada a partir de seringa de 3L (Cosmed Srl, Roma, Itália). A FC foi registrada através de monitor cardíaco (RS800; Polar Electro, Kempele, Finlândia). O VO<sub>2</sub>max foi determinado como a maior média de 15 segundos após filtragem dos dados a partir de média móvel a cada 3 valores, enquanto a FCmax como a maior média de 5 segundos. Para garantir que o VO<sub>2</sub>max tenha sido obtido, pelo menos três critérios deviam ser cumpridos: (a) aumentos inferiores a 2 mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> apesar do incremento de carga; (b) obtenção de 90% da FCmax predita (220 - idade); (c) Razão de troca respiratória (RER) maior que 1,10; (d) [Lac] > 8 mmol.L<sup>-1</sup>; (e) PSE de 19-20 (LAURSEN et al., 2005).

No momento pré-exercício e sempre ao final de cada estágio, amostras de sangue capilar (25µL) do lóbulo da orelha dos atletas foram obtidas de modo a determinar [Lac] (YSI 2700 Sport, Yellow Springs Instruments, Yellow Springs, OH, EUA). O segundo limiar de lactato (LL2) foi determinado através do método proposto por Berg et al. (1990). Para tal, adicionou-se concentração fixa de 1,5 mmol.l<sup>-1</sup> [Lac] na menor razão entre [Lac]/potência. A carga correspondente a esta concentração foi identificada a partir de cálculo de interpolação e considerada como sendo a potência de LL2.

Quinze minutos após o teste incremental, os ciclistas realizaram quatro esforços de alta intensidade como proposta de familiarização com os protocolos de treinamento. O exercício consistiu de dois estímulos de oito minutos e dois de quatro minutos, realizados em intensidade autoajustável, todos intercalados por dois minutos de recuperação entre 80-100 W.

### **3.3.2 Protocolos de TI**

De forma randomizada, os atletas realizaram quatro protocolos distintos de TI (um por sessão) com variações na duração dos esforços e recuperações. Imediatamente ao final de cada estímulo, amostras de sangue do lóbulo da orelha e PSE (6-20) (BORG, 1970) foram coletadas. Os quatro protocolos analisados foram:

4x1 - Quatro estímulos de quatro minutos de duração com um minuto de descanso.

4x2 - Quatro estímulos de quatro minutos de duração com dois minutos de descanso.

8x2 - Quatro estímulos de oito minutos de duração com dois minutos de descanso.

8x4 - Quatro estímulos de oito minutos de duração com quatro minutos de descanso.

Para todos os protocolos foram empregados recuperações ativas em intensidades entre 80-100 W.

Um aquecimento padronizado de cinco minutos foi realizado antes de cada sessão de treino consistindo em 3 min a 150 W seguido por 2 min a 100 W. A sessão de treino teve início imediatamente após o aquecimento.

No momento do recrutamento e antes de todas as sessões de treino os atletas foram instruídos a realizarem todos os esforços da sessão na maior potência média e em pacing neutro (SEILER; SYLTA, 2017), podendo inclusive aumentar caso se sentissem aptos. O ciclista teve total autonomia sobre o controle da intensidade através da trocas de marchas e cadência, no entanto, esta última foi limitada para valores acima de 75 rpm. Para as sessões de treino, padronizou-se o uso da coroa maior, tendo o atleta a liberdade de utilização das marchas da roda traseira. As únicas informações concedidas aos atletas ao longo dos esforços foram o tempo, a cadência e a potência produzida em tempo real durante a recuperação, as quais estiveram visíveis na tela de um computador. Medidas de potência, FC,  $VO_2$ , PSE foram mensuradas e registradas durante todas as sessões.

Imediatamente após a terceira repetição de cada protocolo os atletas ingeriram ~200 ml de água. Trinta minutos após as sessões de treino os atletas relataram a PSE da sessão utilizando a escala CR10 de Borg (1982) modificada (FOSTER et al., 2001). A partir da PSE atribuída a cada sessão foi calculada a carga de treino (unidades arbitrárias; U.A.), multiplicando o escore da PSE pela duração total da sessão (FOSTER et al., 2001).

### **3.3.3 Análise de $VO_2$ , $t@VO_{2max}$ e FC**

Para todas as sessões de treinos, os valores de  $VO_2$  foram mensurados a cada respiração. Após aquisição dos dados brutos, os mesmos foram filtrados utilizando o procedimento de média móvel a cada 3 valores, sendo posteriormente transformados em valores médios em intervalos de 5 segundos (BILLAT et al., 2013; THEVENET et al., 2007a, 2007b). O tempo mantido entre 90 e 94%  $VO_{2max}$  ( $t_{90}$ ), acima de 95%  $VO_{2max}$  ( $t_{95}$ ) e o tempo total acima de 90%  $VO_{2max}$

( $t@VO_2max$ ) foram quantificados em segundos exercitados nas respectivas intensidades. Os dados também foram relativizados (%) pelo tempo total de sessão. Os valores de  $VO_2$  médio absoluto (L.min<sup>-1</sup>) e relativo (% $VO_2max$ ) e FC derivados de cada protocolo estão apresentados a partir da exclusão dos dados dos dois minutos iniciais de cada estímulo. O  $VO_2$ pico atingido em cada protocolo foi definido como sendo a maior média de 15 segundos. Para confirmação do  $VO_2max$ , um teste de exaustão foi conduzido em intensidade de 100% Pmax 35-40 min após o protocolo 4x1 sem o conhecimento prévio dos atletas. Caso o valor prévio de  $VO_2max$  não fosse obtido um novo teste foi conduzido ao final da próxima sessão de treinamento.

### 3.4 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Os resultados estão expressos a partir de média  $\pm$  desvio padrão (DP). O teste de Shapiro-Wilk foi empregado de modo a analisar a normalidade dos dados. A análise de variância (ANOVA) one-way foi utilizada para comparação da potência,  $t@VO_2max$ ,  $VO_2$  e FC entre os protocolos e a ANOVA two-way de medidas repetidas para os valores de PSE, FC e [Lac] para analisar as diferenças entre os esforços e protocolos. Quando apropriado, um teste post hoc da diferença mínima significativa de Fisher foi utilizado. Para todos os testes foi utilizado o Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), versão 22.0, com alfa de 0,05.



## 4 RESULTADOS

Os valores médios absolutos e relativos de Pmax, PLL2 e VO<sub>2</sub>max obtidos no teste incremental foram 315,5 ± 31,9 W (4,3 ± 0,8 W.kg<sup>-1</sup>), 221,4 ± 24,3 W (3,0 ± 0,5 W.kg<sup>-1</sup>) e 4,1 ± 0,3 L.min<sup>-1</sup> (55,7 ± 7,4 ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>), respectivamente.

A potência mantida nas sessões de TI foram diferentes entre os protocolos (F1,90=43,24, P<0,001), mostrando-se dependentes da duração dos estímulos e recuperações, na qual esforços de 4 minutos apresentaram intensidades superiores aos esforços de 8 min e razão E:P 2:1 superior à razão 4:1 (tabela 1). Além disso, todas as sessões apresentaram intensidade superior à intensidade associada ao LL2. Com relação ao esforço cardíaco, a FC sofreu aumento significativo para todos protocolos ao longo da sessão e diferenças entre protocolos somente foram encontradas quando comparado a FC média absoluta e relativa de toda a sessão, na qual protocolos com esforços de 4 min apresentaram valores superiores aos de 8 min (figura 6, tabela 1).

Os valores de VO<sub>2</sub>médio foram significativamente diferente entre os protocolos (F3=10,41, P<0,001), conforme apresentados na tabela 1. O protocolo 8x2 apresentou menor VO<sub>2</sub> enquanto o 4x2 o maior quando comparado com os demais, sem nenhuma diferença entre os protocolos 4x1 e 8x4. Em termos absolutos, nenhuma diferença foi observada entre os protocolos nos índices *t*<sub>90</sub> e *t*<sub>95</sub>. Entretanto, os protocolos com E:P 2:1 (i.e. 4x2 e 8x4) demonstraram *t*@VO<sub>2</sub>max absoluto superior à sessão de treinamento 4x1. Ao avaliar o tempo relativo à sessão sustentado ≥90% VO<sub>2</sub>max, o protocolo 4x2 apresentou superioridade aos protocolos com E:P 4:1 (i.e. 4x1 e 8x2) no índice *t*<sub>95</sub> e superior aos demais quando avaliado o *t*@VO<sub>2</sub>max. Complementarmente, o protocolo 8x4 também apresentou *t*@VO<sub>2</sub>max absoluto e relativo superiores ao protocolo 8x2 (tabela 1).

Tabela 1. Comparação das respostas fisiológicas e de desempenho entre protocolos de TI

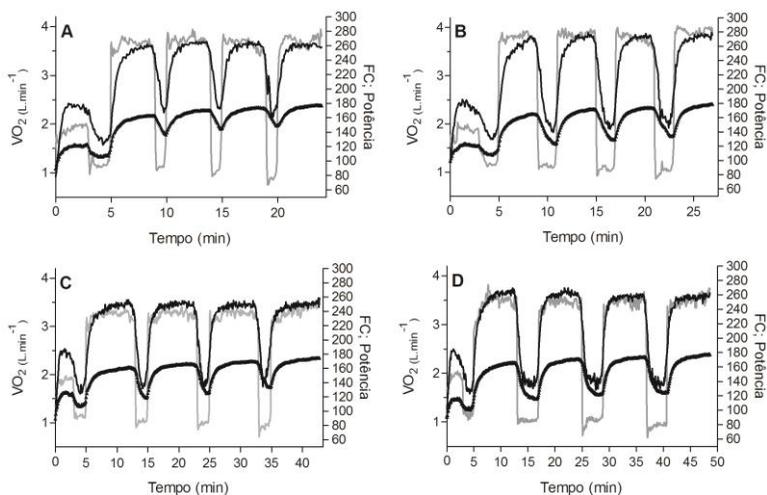
Variável	Protocolo (Média ± DP)			
	4x1	4x2	8x2	8x4
VO <sub>2</sub> médio (mL.min <sup>-1</sup> )	3579,1 ± 269,2*	3730,2 ± 310,9 <sup>†</sup> *#	3409,7 ± 310,4	3564,4 ± 312,9*
VO <sub>2</sub> médio (%VO <sub>2</sub> max)	87,1 ± 4,1*	90,7 ± 5,0 <sup>†</sup> *#	83,0 ± 6,3	86,7 ± 6,1*
VO <sub>2</sub> pico (mL.min <sup>-1</sup> )	3859 ± 306,6	4032,6 ± 333,0 <sup>†</sup> *#	3699,9 ± 326,1	3866,6 ± 326,8*
VO <sub>2</sub> pico (%VO <sub>2</sub> max)	93,7 ± 4,5	98,1 ± 4,6 <sup>†</sup> *#	90,1 ± 6,9	94,1 ± 5,6*
t90 (s)	177,3 ± 115,8	228,6 ± 120,2	253,2 ± 302,7	375,0 ± 299,8
t90 (% do tempo de sessão)	18,5 ± 12,1	23,9 ± 12,5	13,2 ± 15,8	19,5 ± 15,6
t95 (s)	82,7 ± 148,3	215,9 ± 226,1	65,5 ± 126,2	232,7 ± 425,9
t95 (% do tempo de sessão)	8,6 ± 15,5	22,5 ± 23,6 <sup>†</sup> *	3,4 ± 6,6	12,1 ± 22,2
t@VO <sub>2</sub> max (s)	260,0 ± 241,6	444,6 ± 266,8 <sup>†</sup>	318,6 ± 415,4	607,7 ± 557,1 <sup>†</sup> *
t@VO <sub>2</sub> max (% do tempo de sessão)	27,1 ± 25,2	46,3 ± 27,8 <sup>†</sup> *#	16,6 ± 21,6	31,7 ± 29,0 <sup>†</sup> *
Potência (W)	261,6 ± 26,8*#	275,3 ± 23,3 <sup>†</sup> *#	235,9 ± 22,9	250,6 ± 25,0*
Potência (%Pmax)	83,1 ± 5,7*#	87,6 ± 5,3 <sup>†</sup> *#	75,0 ± 4,7	79,6 ± 4,2*
Potência (%LL2)	118,7 ± 10,1*#	124,9 ± 10,4 <sup>†</sup> *#	105,9 ± 9,5	112,0 ± 10,9*
FC (bpm)	169,4 ± 13,0*#	169,8 ± 11,2*#	164,6 ± 11,4	166,4 ± 12,5
FC (%FCmax)	91,5 ± 3,3*#	91,7 ± 2,9*#	88,9 ± 3,9	89,9 ± 3,7
[Lac] (mmol.L <sup>-1</sup> )	8,8 ± 4,1*	9,0 ± 2,8*	7,0 ± 2,8	8,1 ± 3,4
PSE (durante a sessão)	16,7 ± 1,1	17,1 ± 1,0	16,8 ± 1,1	17,2 ± 0,9
PSE da sessão (pós sessão)	8,1 ± 0,9	8,2 ± 0,9	8,3 ± 0,7	7,9 ± 1,1
Carga de treino (U.A)	154,6 ± 17,0	180,0 ± 20,4 <sup>†</sup>	316,1 ± 28,5 <sup>†</sup> *	348,0 ± 50,0 <sup>†</sup> *

‡ Maior que o 4x2; † Maior que o 4x1; \* Maior que o 8x2; # Maior que o 8x4. t90 – Tempo acumulado entre 90-94% VO<sub>2</sub>max; t95 – Tempo acumulado ≥95% VO<sub>2</sub>max; t@VO<sub>2</sub>max- Tempo total acumulado acima de 90% VO<sub>2</sub>max; FC – Frequência cardíaca; LL2 – Segundo limiar de lactato; [Lac] – Concentração sanguínea de lactato; PSE – Percepção subjetiva de esforço.

A [Lac] sofreu aumento ao longo dos estímulos nos protocolos 4x1, 4x2 e 8x2. A única diferença encontrada na [Lac] do protocolo 8x4 ocorreu entre o primeiro e último esforço. Ao comparar as respostas de [Lac] entre os protocolos, uma diferença foi detectada após o primeiro esforço, em que 8x4 foi superior ao 8x2, sendo que após o segundo e terceiro estímulo o protocolo 8x2 apresentou valores inferiores ao 4x2 e ao 4x1 e 4x2, respectivamente. A [Lac] após o quarto esforço foram maiores nas sessões caracterizadas por esforços de 4 min quando comparadas às de 8 min de duração (figura 5) e a [Lac] média de toda a sessão do protocolo 8x2 foi inferior aos protocolos 4x1 e 4x2 (tabela 1).

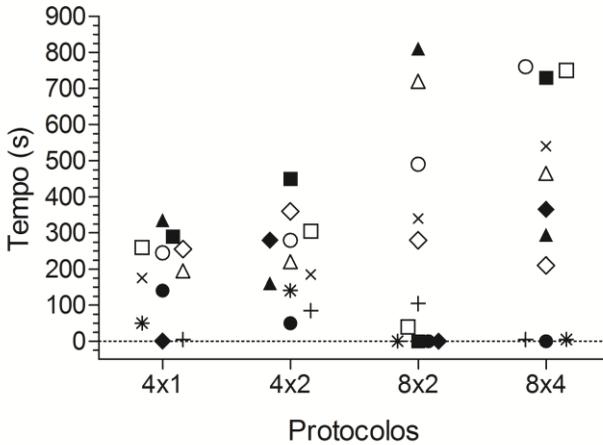
A PSE apresentou aumentos significativos ao longo dos estímulos para todos os protocolos, sem apresentar nenhuma diferença entre protocolos (figura 5). Valores superiores de carga de treino foram identificados para os protocolos de 8 min de esforço e o efeito da razão 2:1 somente mostrou superioridade na carga de treino imposta para protocolos com esforços de 4 min (tabela 1).

Figura 1 - Valores médios de potência, FC e  $VO_2$  dos atletas ( $n = 11$ ) nos quatro protocolos de TI.



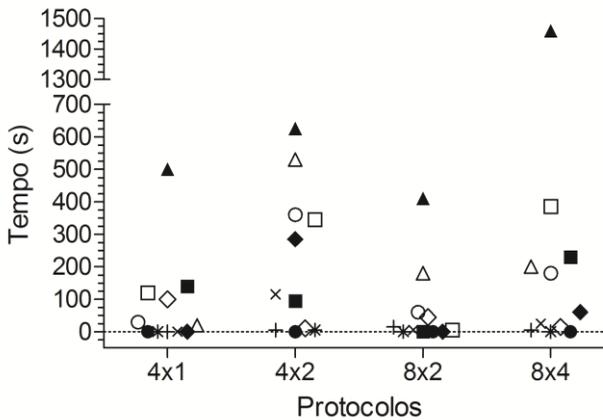
Nota: A = 4x1; B = 4x2; C = 8x2; D = 8x4. Linha estreita preta representa o comportamento do  $VO_2$ , enquanto a linha cinza e a linha espessa preta os valores de potência e FC, respectivamente.

Figura 2. Valores individuais de  $t_{90}$  nos protocolos de TI.



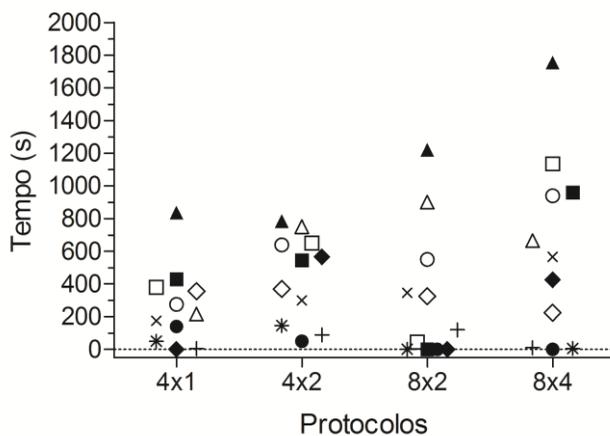
Nota: Cada atleta está representado por um símbolo.

Figura 3. Valores individuais de  $t_{95}$  nos protocolos de TI.



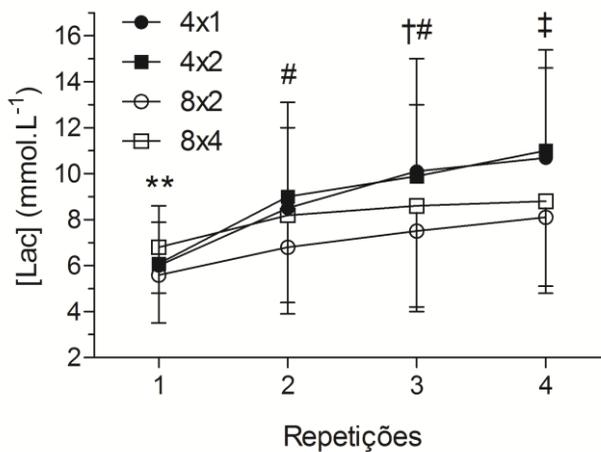
Nota: Cada atleta está representado por um símbolo.

Figura 4. Valores individuais de  $t@VO_2\max$  nos protocolos de TI.



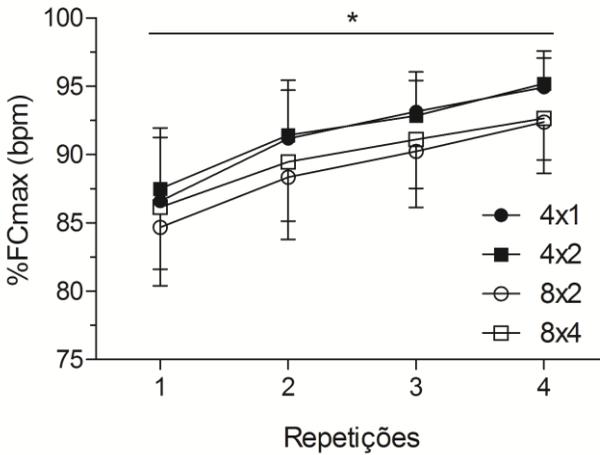
Nota: Cada atleta está representado por um símbolo.

Figura 5. Comparação dos valores de [Lac] durante os protocolos de TI.



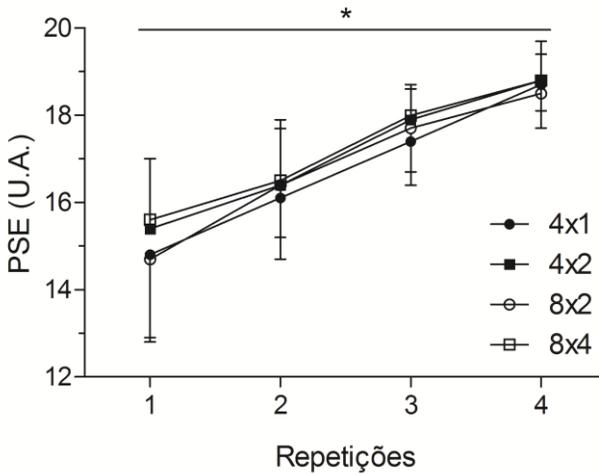
Nota: Cada atleta está representado por um símbolo.

Figura 6. Comparação dos valores de %FCmax durante os protocolos de TI.



Nota: \* Diferença estatística entre os esforços ao longo da sessão.

Figura 7. Comparação dos valores de PSE durante os protocolos de TI.



Nota: \* Diferença estatística entre os esforços ao longo da sessão.

## 5DISCUSSÃO

O objetivo principal deste estudo foi investigar o efeito agudo da manipulação do tempo de esforço e de recuperação em sessões de TI de ciclismo utilizando o método de intensidade autoajustável, sobre a intensidade e as respostas fisiológicas. Apesar do  $t@VO_2\text{max}$  ser apontado como um importante marcador para a melhora do  $VO_2\text{max}$  a longo prazo (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a; TURNES et al., 2016), e mensurado em inúmeros estudos com protocolos de TI com carga fixa (DUPONT et al., 2002; RØNNESTAD; HANSEN, 2016; TARDIEU-BERGER et al., 2004; THEVENET et al., 2007a, 2007b; TURNES et al., 2016), ao nosso conhecimento, este é o primeiro estudo que quantificou o  $t@VO_2\text{max}$  de sessões de treinamento a partir do modelo de intensidade autoajustável. Os principais achados deste estudo foram que (1) esforços de 4 minutos e razão E:P 2:1 possibilitaram o alcance de maiores intensidades absolutas e relativas do que estímulos de 8 minutos e razão E:P 4:1; (2) embora todos os protocolos permitiram similar  $t_{90}$ , a razão 2:1 proporcionou maior  $t@VO_2\text{max}$  absoluto e relativo em relação à razão 4:1, com o protocolo 4x2 permitindo maior  $t@VO_2\text{max}$  relativo do que outros protocolos; e (3) o procedimento de prescrição de intensidade autoajustável se mostrou sensível às alterações do tempo de esforço e de recuperação.

De acordo com os resultados evidenciados em provas de contrarrelógio e de sessões de treinamento, têm-se demonstrado que os atletas são capazes de manipular a intensidade do exercício de acordo com feedbacks de distância, tempo de esforço e de recuperação (RØNNESTAD et al., 2014; RØNNESTAD; HANSEN, 2016; SEILER et al., 2013; SEILER; HETLELID, 2005; SEILER; SJURSEN, 2004; ST CLAIR GIBSON et al., 2006). No presente estudo, a redução do tempo de esforço bem como o aumento da recuperação permitiram que os atletas produzissem maior potência durante as sessões. Entretanto, a utilização de quatro minutos de recuperação no protocolo 8x4 não foi suficiente para que os atletas atingissem valores de potência similar ao protocolo 4x1, o que demonstra a forte influência da duração do exercício sobre o desempenho em sessões de TI.

Ao comparar os tempos de 1, 2 e 4 min de recuperação sobre a velocidade mantida em treinamento composto por 6 séries de 4 min em esteira, uma maior velocidade foi encontrada nas sessões em que foram concedidos 2 e 4 min de recuperação aos atletas, entretanto, a utilização de 4 min não resultou em velocidade média superior à condição de 2 min (SEILER; HETLELID, 2005), resultado incompatível aos nossos

achados. De acordo com os autores, é possível que os atletas tivessem subestimado a intensidade quando concedido quatro minutos de recuperação, visto que os atletas adotaram uma intensidade inicial previamente à sessão e a mantiveram ao longo da sessão de treinamento, o que pode ter comprometido o atingimento de valores de velocidade e respostas fisiológicas superiores devido à falta de ajustes de intensidade de acordo com o mecanismo teleantecipatório presente em sessões prescritas via intensidade autoajustável (SEILER; HETLELID, 2005). Durante a execução de todos os protocolos deste estudo foi sugerido aos atletas alterarem as marchas da bicicleta de modo a perceberem se a percepção de esforço sentida se adequava com o tempo e quantidade de estímulos restantes na sessão de modo a manter a maior potência média ao longo da sessão.

Ao nosso conhecimento, este é o primeiro estudo em que ciclistas demonstraram capacidade de modular a intensidade de exercício durante uma sessão de treinamento somente com o conhecimento prévio da quantidade e duração de estímulos e do tempo de recuperação em protocolo de treinamento, sem nenhum feedback de desempenho ao longo da sessão. Apesar de outros estudos também realizarem este tipo de prescrição, a maior parte deles reportou o fornecimento de informações de desempenho, controle da intensidade dos esforços (RØNNESTAD et al., 2015; SEILER et al., 2013; SYLTA et al., 2016), ou não especificaram a forma de controle durante as sessões (RØNNESTAD et al., 2014).

A influência negativa do aumento da duração dos esforços e redução do tempo de recuperação sobre os valores de potência reduziram a capacidade dos atletas em sustentar elevado  $VO_2$  durante as sessões de treinamento. Sendo assim, a realização de esforços de 4 min pode permitir o alcance de maiores valores de  $VO_2$  desde que o tempo de recuperação seja suficiente para manter elevada produção de potência. Importante salientar que o dobro do tempo de recuperação em estímulos de 8 min permitiu a manutenção de  $VO_2$  semelhante ao protocolo de 4 min e de menor tempo de descanso (i.e. 8x4 e 4x1). Seiler e Sjursen (2004) conduziram um estudo com corredores bem treinados ( $VO_{2max}$   $65 \pm 6$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) que foram submetidos a quatro protocolos com 48 minutos de duração (24x1 min; 12x2 min; 6x4 min e 4x6 min) e razão E:P de 1:1. Neste estudo foi demonstrado que durações entre 2-6 minutos por estímulo parecem ser preferíveis caso queira-se atingir picos de  $VO_2$  superiores a 90%  $VO_{2max}$  (SEILER; SJURSEN, 2004). Embora todos os protocolos do presente estudo

tenham induzido  $VO_{2\text{pico}}$  superior a 90%, somente o protocolo 4x2 apresentou média de 90%  $VO_{2\text{max}}$ .

O  $t@VO_{2\text{max}}$  tem sido um dos critérios utilizados para testar a eficácia de um protocolo de TI em promover melhoras na aptidão cardiorrespiratória (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a; DUPONT et al., 2002; TARDIEU-BERGER et al., 2004; THEVENET et al., 2007a, 2007b). No presente estudo, os protocolos com E:P de 2:1 apresentaram valores superiores em  $t@VO_{2\text{max}}$  absoluto e relativo, e o protocolo 4x2 com o maior custo tempo/eficiência em  $t_{95}$  e  $t@VO_{2\text{max}}$ . Deve-se ressaltar a alta variabilidade entre protocolos nas respostas de  $t@VO_{2\text{max}}$ , o que pode ser explicado pela alta variabilidade interindividual das respostas de  $VO_2$  em elevada intensidade (SCHARHAG-ROSENBERGER et al., 2010). A falta de consistência de  $t@VO_{2\text{max}}$  entre os atletas não deflagra a falta de individualidade na sobrecarga imposta por protocolos de TI prescritos via intensidade autoajustável, visto que a influência de cada alteração do tempo de estímulo e recuperação refletiu em alterações semelhantes dos parâmetros potência,  $VO_2$ , [Lac] e FC. Além disso, a alta variabilidade dos valores também tem sido reportada por estudos que avaliaram as respostas de  $t@VO_{2\text{max}}$  diante sessões de TI prescritas em intensidades fixas (RØNNESTAD; HANSEN, 2016; TARDIEU-BERGER et al., 2004; THEVENET et al., 2007a, 2007b; TURNES et al., 2016).

É importante salientar que nem todos os atletas atingiram 90% do  $VO_{2\text{max}}$  durante as sessões de treinamento, sendo que no total cinco atletas não acumularam tempo em, pelo menos, um protocolo em  $t_{90}$  e, estes cinco anteriores somado a mais um atleta não atingiram 95%  $VO_{2\text{max}}$  em, pelo menos, um dos protocolos (Figuras 2 e 3). O aumento da duração do esforço e redução do tempo de descanso podem impossibilitar o alcance e a sustentação de intensidades superiores a 90%  $VO_{2\text{max}}$ . Neste caso, o protocolo 4x2 pode ser mais interessante, visto sua capacidade em permitir que todos os ciclistas atingissem 90%  $VO_{2\text{max}}$ . Ademais, estudos que avaliaram  $t@VO_{2\text{max}}$  normalmente empregaram esforços com durações entre 15s e 3 min de duração e E:P de 1:1, mostrando-se mais efetivos, em sua grande maioria, ao utilizar intensidades próximas ou superiores a 100% da intensidade de  $VO_{2\text{max}}$  ( $IVO_{2\text{max}}$ ), e com o emprego de recuperações ativas (DUPONT et al., 2002; RØNNESTAD; HANSEN, 2016; THEVENET et al., 2007a, 2007b; TURNES et al., 2016). Apesar da dificuldade de comparação de valores de  $t@VO_{2\text{max}}$  devido ao diferente nível de condicionamento de atletas e durações x intensidades empregadas nos estudos, os valores de  $t@VO_{2\text{max}}$  absolutos e relativos do presente estudo se mostraram

inferiores quando comparados com os resultados de Thevenet et al. (2007a) e de Rønnestad & Hansen. (2016) (30x30 a 105% e 100%  $\dot{V}O_2\text{max}$ , respectivamente), ambos com recuperação ativa, e, ao mesmo tempo, superiores aos valores de  $t@VO_2\text{max}$  apresentados por Dupont et al. (2002), em que apesar deste estudo empregar intensidades inferiores, o maior volume dos esforços e da sessão favoreceram o atingimento de elevado  $\dot{V}O_2$  e maior  $t@VO_2\text{max}$ .

A utilização de recuperação ativa e de curta duração em sessões de TI prescrita por intensidade fixa permite a manutenção do valor de  $\dot{V}O_2$  superior ao de repouso e, desta forma, facilita a elevação do  $\dot{V}O_2$  em estímulos subsequentes devido à redução da amplitude e aceleração da cinética de  $\dot{V}O_2$  (RØNNESTAD; HANSEN, 2016; TARDIEU-BERGER et al., 2004; THEVENET et al., 2007a). Na metodologia de intensidade autoajustável, entretanto, o prolongamento do tempo e emprego de baixa intensidade no período recuperativo permite que os indivíduos produzam maior potência durante os esforços (SEILER; HETLELID, 2005), e, desta forma, atinjam e sustentem valores superiores de  $\dot{V}O_2$ , em especial, para estímulos de maior duração (>2 min), conferindo tempo suficiente para que os valores de  $\dot{V}O_2$  atinjam e permaneçam em níveis elevados (SEILER; SJURSEN, 2004).

A ausência de fornecimento de informações de desempenho aos atletas durante as sessões de treinamento refletiu em valores de PSE similares entre protocolos, diferentemente das respostas reportadas por Seiler et al. (2013) que demonstraram valores superiores no protocolo 4x2 quando comparado com 8x2. Assim, nosso resultado reforça o controle interno na regulação da intensidade, demonstrando que os atletas tendem a se exigir de modo similar ao longo da execução de protocolos com diferentes tempos de esforço e de recuperação.

Considerando que a FC é um indicador de intensidade muito utilizado no treinamento, Seiler et al. (2013) sugeriram que o acúmulo de 32 min a 90% FCmax seria mais efetivo para a melhora de desempenho e de índices fisiológicos relacionados ao metabolismo aeróbio do que 16 min a 94% FCmax. Apesar da maior eficácia de estímulos de maior duração sobre as respostas crônicas (SANDBAKK et al., 2013; SEILER et al., 2013), a análise aguda de  $\dot{V}O_2$  realizada dos protocolos empregados por Seiler et al. (2013) em nosso estudo não nos permitiu tal extrapolação dos valores de %FCmax para os dados de % $\dot{V}O_2\text{max}$  como inicialmente proposto (i.e. 90 e 94% FCmax), visto a similaridade de tempo absoluto mantido em  $t_{90}$  e  $t_{95}$  entre os protocolos.

Quando comparado com os valores de Seiler et al. (2013), os atletas deste estudo apresentaram valores inferiores de PSE média dos esforços no protocolo 4x2 e de [Lac]. A diferença nos valores de PSE média e de [Lac] poderia estar vinculada ao maior esforço durante toda a sessão ou adoção de pacing positivo ao longo dos tiros (SEILER et al., 2013). Na execução deste estudo identificamos quedas no  $VO_2$  ao longo da sessão em alguns atletas quando a intensidade adotada nos primeiros esforços foi superestimada no início da sessão, nessas sessões, as respostas de PSE, [Lac] e FC média foram superiores apesar do decréscimo substancial dos valores de  $VO_2$  e de potência. Ao total, cinco visitas tiveram de ser reagendadas devido à falta de controle por parte dos atletas de conseguir manter um pacing capaz de não gerar quedas de  $VO_2$  superiores a 0,3 L (~7%  $VO_{2max}$ ), três visitas após evidências de fadiga nos resultados obtidos, o que foi posteriormente confirmado pelo atleta, duas visitas por desconforto e três visitas por problemas técnicos (pneu furado durante a sessão de treinamento). Embora subjetiva, a escolha desse critério se deu a partir de observações visuais em que a queda superior a 0,3 L comumente foi acompanhada por redução de  $\geq 10\%$  de potência, e, portanto, capaz de influenciar a análise das respostas fisiológicas e de desempenho do estudo.

Os valores de [Lac] apresentaram aumento ao longo da sessão, com exceção do protocolo 8x4 que apresentou diferenças somente do primeiro para o último esforço, sugerindo que quatro minutos de recuperação ativa de baixa intensidade foi suficiente para equilibrar os valores de [Lac] por, pelo menos, três esforços. Diferentemente dos valores de PSE, a [Lac] mostrou-se mais sensível à intensidade dos esforços, em que as sessões com esforços de 4 min apresentaram valores superiores de [Lac] ao final da sessão quando comparadas às sessões com esforços de 8 min. Ao mesmo tempo percebe-se que para este modelo de prescrição a duração dos esforços apresentam maior efeito sobre os valores de [Lac] do que a duração do tempo de recuperação, pois, enquanto o aumento do tempo de recuperação resulta na redução dos níveis de fadiga e de [Lac], evidencia-se o aumento da intensidade dos esforços subsequentes, elevando a [Lac] (SEILER; HETLELID, 2005). Por outro lado, a redução do tempo de descanso permite a manutenção de [Lac] em elevados níveis apesar da redução significativa da intensidade da sessão de treinamento (SEILER; HETLELID, 2005).

O volume da sessão teve forte influência sobre a carga de treinamento calculada para as sessões. Enquanto a razão E:P de 2:1 gerou sobrecarga superior somente entre esforços de curta duração, os protocolos caracterizados por quatro estímulos de 8 minutos produziram

carga de treinamento duas vezes maior do que sessões consistentes por esforços repetidos de 4 min. O pareamento isoesforço de sessões de treinamento nos permite a comparação de protocolos da forma que são executados no dia-a-dia por atletas (NIKLAS et al., 2010; SEILER et al., 2013). Com base nos resultados de  $t@VO_2\text{max}$  do presente estudo e de estudos que compararam protocolos de média e longa duração, uma possível aplicação prática no planejamento de sessões de treinamento seria inicialmente a preferência por protocolos com E:P de 2:1, e utilização de protocolos de maior duração (i.e 8x4) como estratégia de maximizar o ganhos de  $VO_2\text{max}$  e de desempenho (SANDBAKK et al., 2013; SEILER et al., 2013). Diante das respostas de carga de treinamento, a inclusão de sessões de maior volume ou intensidade podem ser planejadas de acordo com a sobrecarga esperada. No processo de polimento (*tapering*), por exemplo, em que deseja-se elevar a intensidade e qualidade do treino mas não a carga de treinamento (MUJIKKA; PADILLA, 2003), a escolha do protocolo 4x2 seria mais coerente do que o protocolo 8x4.

## 6 CONCLUSÃO

A prescrição de TI via intensidade autoajustável caracterizada por 4 repetições de 4 e 8 min com razões E:P de 2:1 e 4:1 podem ser empregados visando o acúmulo de tempo a 90-100%  $VO_2max$  na sessão. Esforços de 4 min são preferíveis para manter maior produção de potência e menor carga de treino, e a razão E:P de 2:1 deve ser priorizada para maior  $t@VO_2max$ . Além disso, a prescrição de protocolo 4x2 foi o único protocolo que garantiu que todos os atletas atingissem valores superiores a 90%  $VO_2max$  durante a sessão. A potência atingida nas sessões de TI reforça a sensibilidade da metodologia autoajustável perante alterações do tempo de esforço e de recuperação. Mais estudos poderão ser conduzidos na utilização da metodologia de intensidade autoajustável como proposta de avaliar respostas crônicas de protocolos de TI que induzem maior  $t@VO_2max$  e também na utilização de valores de desempenho derivados de sessões como parâmetro de desempenho intermitente no ciclismo.



## 7REFERÊNCIA

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

ASTRAND, P.-O.; RODAHL, K. Textbook of work physiology: physiological bases of exercise. 3a ed. London: McGraw-Hill Book Company, 1986.

BARON, B. et al. Maximal lactate steady state does not correspond to a complete physiological steady state. *International Journal of Sports Medicine*, v. 24, n. 8, p. 582–587, 2003.

BASSETT, D. R. et al. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 32, n. 1, p. 70–84, 2000.

BENTLEY, D. J.; NEWELL, J.; BISHOP, D. Incremental exercise test design and analysis: Implications for performance diagnostics in endurance athletes. *Sports Medicine*, v. 37, n. 7, p. 575–586, 2007.

BILLAT, V. et al. The sustainability of VO<sub>2</sub>max: effect of decreasing the workload. *European Journal of Applied Physiology*, v. 113, n. 2, p. 385–394, 2013.

BILLAT, V. L. Interval training for performance: A scientific and empirical practice. special recommendations for middle-and long-distance running. Part I: Aerobic interval training. *Sports Medicine*, v. 31, n. 1, p. 13–31, 2001a.

BILLAT, V. L. Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part II: anaerobic interval training. *Sports Medicine*, v. 31, n. 2, p. 75–90, 2001b.

BORG, G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, v. 2, p. 92–98, 1970.

BORG, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 14, n. 5, p. 377–81, 1982.

BUCHHEIT, M.; LAURSEN, P. B. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: Cardiopulmonary emphasis. *Sports Medicine*, v. 43, n. 5, p. 313–338, 2013a.

BUCHHEIT, M.; LAURSEN, P. B. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle part II: Anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. *Sports Medicine*, v. 43, n. 10, p. 927–954, 2013b.

BUCHHEIT, M.; UFLAND, P. Effect of endurance training on performance and muscle reoxygenation rate during repeated-sprint running. *European Journal of Applied Physiology*, v. 111, n. 2, p. 293–301, 2011.

COYLE, E. F. et al. Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 23, n. 1, p. 93–107, 1991.

COYLE, E.; GONZÁLEZ-ALONSO, J. Cardiovascular drift during prolonged exercise: New perspective. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, v. 29, n. 2, p. 88–92, 2001.

DE AGUIAR, R. A. et al. Fast-start strategy increases the time spent above 95 %VO<sub>2</sub>max during severe-intensity intermittent running exercise. *European Journal of Applied Physiology*, v. 113, n. 4, p. 941–949, 2013.

DUPONT, G. et al. Critical velocity and time spent at a high level of VO<sub>2</sub> for short intermittent runs at supramaximal velocities. *Canadian Journal of Applied Physiology*, v. 27, n. 2, p. 103–115, 2002.

FOSTER, C. et al. A new approach to monitoring exercise training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 15, n. 1, p. 109–15, 2001.

GOLLNICK, P. D.; PIEHL, K.; SALTIN, B. Selective glycogen depletion pattern in human muscle fibres after exercise of varying intensity and at varying pedalling rates. *The Journal of Physiology*, v. 241, n. 1, p. 45–57, 1974.

HARNISH, C. R.; SWENSEN, T. C.; PATE, R. R. Methods for estimating the maximal lactate steady state in trained cyclists. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 33, n. 6, p. 1052–1055, 2001.

HELLSTEN, Y.; NYBERG, M. Cardiovascular adaptations to exercise training. *Comprehensive Physiology*, v. 6, n. 1, p. 1–32, 2015.

HEYDARI, M.; BOUTCHER, Y. N.; BOUTCHER, S. H. High-intensity intermittent exercise and cardiovascular and autonomic function. *Clinical Autonomic Research*, v. 23, n. 1, p. 57–65, 2013.

HOFMANN, P.; TSCHAKERT, G. Special needs to prescribe exercise intensity for scientific studies. *Cardiology Research and Practice*, v. 15, p. 1–10, 2011.

HULSTON, C. J. et al. Training with low muscle glycogen enhances fat metabolism in well-trained cyclists. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 42, n. 11, p. 2046–2055, 2010.

JACOBS, R. A. et al. Improvements in exercise performance with high-intensity interval training coincide with an increase in skeletal

muscle mitochondrial content and function. *Journal of Applied Physiology*, v. 115, n. 6, p. 785–93, 2013.

JEUKENDRUP, A.; DIEMEN, A. VAN. Heart rate monitoring during training and competition in cyclists. *Journal of Sports Sciences*, v. 16, n. sup1, p. 91–99, 1998.

JEUKENDRUP, A. E.; CRAIG, N. P.; HAWLEY, J. A. The bioenergetics of world class cycling. *Journal of Science and Medicine in Sport*, v. 3, n. 4, p. 414–433, 2000.

LAMBERTS, R. P. et al. Changes in heart rate recovery after high-intensity training in well-trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, v. 105, n. 5, p. 705–713, 2009.

LAURENT, C. M. et al. Sex-specific responses to self-paced, high-intensity interval training with variable recovery periods. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 28, n. 4, p. 920–927, 2014.

LAURSEN, P. B. et al. Interval training program optimization in highly trained endurance cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 34, n. 11, p. 1801–7, 2002.

LAURSEN, P. B. et al. Influence of high-intensity interval training on adaptations in well-trained cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 19, n. 3, p. 527–533, 2005.

LAURSEN, P. B. Training for intense exercise performance: High-intensity or high-volume training? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, v. 20, n. Suppl. 2, p. 1–10, 2010.

LAURSEN, P. B.; BLANCHARD, M. A.; JENKINS, D. G. Acute high-intensity interval training improves Tvent and peak power output in highly trained males. *Canadian Journal of Applied Physiology*, v. 27, n. 4, p. 336–48, 2002.

LAURSEN, P. B.; JENKINS, D. G. The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Medicine*, v. 32, n. 1, p. 53–73, 2002.

LAURSEN, P. B.; SHING, C. M.; JENKINS, D. G. Temporal aspects of the VO<sub>2</sub> response at the power output associated with VO<sub>2</sub> peak in well trained cyclists-Implications for interval training prescription. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, v. 75, n. 4, p. 423–428, 2004.

LINDSAY, F. H. et al. Improved athletic performance in highly trained cyclists after interval training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 28, n. 11, p. 1427–1434, 1996.

MEYER, T.; GABRIEL, H. H.; KINDERMANN, W. Is determination of exercise intensities as percentages of VO<sub>2</sub>max or

HRmax adequate? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 31, n. 9, p. 1342–1345, 1999.

MIDGLEY, A. W.; MCNAUGHTON, L. R.; JONES, A. M. Training to enhance the physiological determinants of long-distance running performance: can valid recommendations be given to runners and coaches based on current scientific knowledge? *Sports medicine*, v. 37, n. 10, p. 857–880, 2007.

MIDGLEY, A. W.; MCNAUGHTON, L. R.; WILKINSON, M. Is there an optimal training intensity for enhancing the maximal oxygen uptake of distance runners? empirical research findings, current opinions, physiological rationale and practical recommendations. *Sports Medicine*, v. 36, n. 2, p. 117–132, 2006.

MUJKA, I.; PADILLA, S. Scientific bases for precompetition tapering strategies. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 35, n. 7, p. 1182–7, 2003.

NIKLAS, P. et al. Mitochondrial gene expression in elite cyclists: Effects of high-intensity interval exercise. *European Journal of Applied Physiology*, v. 110, n. 3, p. 597–606, 2010.

PAQUETTE, M. et al. Effects of submaximal and supramaximal interval training on determinants of endurance performance in endurance athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, v. 27, n. 3, p. 318–326, 2017.

PLEWS, D. J. et al. Heart rate variability and training intensity distribution in elite rowers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, v. 9, n. 6, p. 1026–1032, 2014.

POOLE, D. C. et al. Critical Power: An important fatigue threshold in exercise physiology. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 48, n. 11, p. 2320–2334, 2016.

RØNNESTAD, B. et al. Short intervals induce superior training adaptations compared with long intervals in cyclists - An effort-matched approach. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, v. 25, n. 2, p. 143–151, 2015.

RØNNESTAD, B. R. et al. Effects of 12 weeks of block periodization on performance and performance indices in well-trained cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, v. 24, n. 2, p. 327–335, 2014.

RØNNESTAD, B. R.; HANSEN, J. Optimizing interval training at power output associated with peak oxygen uptake in well-trained cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 30, n. 4, p. 999–1006, 2016.

RØNNESTAD, B. R.; HANSEN, J.; ELLEFSEN, S. Block periodization of high-intensity aerobic intervals provides superior training effects in trained cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, v. 24, n. 1, p. 34–42, 2014.

SANDBAKK, Ø. et al. Effects of intensity and duration in aerobic high-intensity interval training in highly trained junior cross-country skiers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 27, n. 7, p. 1974–1980, 2013.

SCHARHAG-ROSENBERGER, F. et al. Exercise at given percentages of VO<sub>2</sub>max: Heterogeneous metabolic responses between individuals. *Journal of Science and Medicine in Sport*, v. 13, n. 1, p. 74–79, 2010.

SEILER, S. What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, v. 5, n. 3, p. 276–291, 2010.

SEILER, S. et al. Adaptations to aerobic interval training: Interactive effects of exercise intensity and total work duration. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, v. 23, p. 74–83, 2013.

SEILER, S.; HAUGEN, O.; KUFFEL, E. Autonomic recovery after exercise in trained athletes: Intensity and duration effects. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 39, n. 8, p. 1366–1373, 2007.

SEILER, S.; HETLELID, K. J. The impact of rest duration on work intensity and RPE during interval training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 37, n. 9, p. 1601–1607, 2005.

SEILER, S.; SJURSEN, J. E. Effect of work duration on physiological and rating scale of perceived exertion responses during self-paced interval training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, v. 14, n. 5, p. 318–325, 2004.

SEILER, S.; SYLTA, O. How does interval training prescription impact physiological and perceptual responses? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, v. 4, p. 1–22, 2017.

SEILER, S.; TØNNESEN, E. Intervals, thresholds, and long slow distance: the role of intensity and duration in endurance training. *Sportscience*, v. 13, p. 32–53, 2009.

SMITH, T. P.; COOMBES, J. S.; GERAGHTY, D. P. Optimising high-intensity treadmill training using the running speed at maximal O<sub>2</sub> uptake and the time for which this can be maintained. *European Journal of Applied Physiology*, v. 89, p. 337–343, 2003.

ST CLAIR GIBSON, A. et al. The role of information processing between the brain and peripheral physiological systems in pacing and perception of effort. *Sports Medicine*, v. 36, n. 8, p. 705–722, 2006.

STEPTO, N. K. et al. Effects of different interval-training programs on cycling time-trial performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 31, n. 5, p. 736–741, 1999.

STEPTO, N. K. et al. Metabolic demands of intense aerobic interval training in competitive cyclists. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 33, n. 2, p. 303–310, 2001.

SWART, J. et al. Effects of high-intensity training by heart rate or power in well-trained cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 23, n. 2, p. 619–625, 2009.

SYLTA, Ø. et al. The effect of different high-intensity periodization models on endurance adaptations. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 48, n. 11, p. 2165–2174, 2016.

SYLTA, Ø.; TØNNESSEN, E.; SEILER, S. Do elite endurance athletes report their training accurately? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, v. 9, n. 1, p. 85–92, 2014.

TARDIEU-BERGER, M. et al. Effects of active recovery between series on performance during an intermittent exercise model in young endurance athletes. *European Journal of Applied Physiology*, v. 93, p. 143–152, 2004.

THEVENET, D. et al. Influence of recovery mode (passive vs. active) on time spent at maximal oxygen uptake during an intermittent session in young and endurance-trained athletes. *European Journal of Applied Physiology*, v. 99, n. 2, p. 133–142, 2007a.

THEVENET, D. et al. Influence of exercise intensity on time spent at high percentage of maximal oxygen uptake during an intermittent session in young endurance-trained athletes. *European Journal of Applied Physiology*, v. 102, n. 1, p. 19–26, 2007b.

TSCHAKERT, G.; HOFMANN, P. High-intensity intermittent exercise: Methodological and physiological aspects. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, v. 8, n. 6, p. 600–610, 2013.

TURNES, T. et al. Interval training in the boundaries of severe domain: effects on aerobic parameters. *European Journal of Applied Physiology*, v. 116, n. 1, p. 161–169, 2016.

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

WENGER, H. A.; BELL, G. J. The interactions of intensity, frequency and duration of exercise training in altering cardiorespiratory fitness. *Sports Medicine*, v. 3, n. 5, p. 346–356, 1986.

WESTGARTH-TAYLOR, C. et al. Metabolic and performance adaptations to interval training in endurance-trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, v. 75, n. 4, p. 298–304, 1997.

WESTON, A. R. et al. Skeletal muscle buffering capacity and endurance performance after high-intensity interval training by well-trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, v. 75, n. 1, p. 7–13, 1997.

YEO, W. K. et al. Skeletal muscle adaptation and performance responses to once a day versus twice every second day endurance training regimens. *Journal of Applied Physiology*, v. 105, n. 5, p. 1462–1470, 2008.

ZADOW, E. K. et al. Pacing, the missing piece of the puzzle to high-intensity interval training. *International Journal of Sports Medicine*, v. 36, p. 215–219, 2015.



## APÊNDICE A. Ficha de avaliação da primeira visita (teste incremental máximo)

### 1ª VISITA

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

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

		Valores				
Escala de prontidão		_____				
Calibração pneu		_____				
Colocar medidor de cadência		_____				
Lactato REPOUSO		_____				
Calibração Computrainer		_____				
		_____				
		_____				
Escala de prontidão	Tempo	Potência (W)	PSE (0-100)	FC	[Lac]	Tempo sustentado
	REPOUSO	REPOUSO				
	0-3	100				
	3-6	130				
	6-9	160				
	9-12	190				
	12-15	220				
	15-18	250				
	18-21	280				
	21-24	310				
	24-27	340				
	27-30	370				
	30-33	400				
	33-36	430				
	36-39	460				



## APÊNDICE B. Ficha de avaliação da segunda à quinta visita (sessões de TI).

2ª-5ª visita

Nome: \_\_\_\_\_ Nº Computrainer \_\_\_\_\_

TI 1		TI 2		TI 3		TI 4		
Data: _____	horário _____							
	valores		valores		valores		valores	
Calibração pneu	( )							
Lactato REPOUSO	( )							
Calibração Computrainer	( )							
AQUECIMENTO								
<b>PROTOCOLO</b>								
Esforço/Sessões	TI 1		TI 2		TI 3		TI 4	
	PSE	LACTATO	PSE	LACTATO	PSE	LACTATO	PSE	LACTATO
Repouso								
1								
2								
3								
<b>HIDRATAÇÃO</b>								
4								
30 min pós	( )		( )		( )		( )	



## ANEXO A. Parecer consubstanciado do CEP

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
SANTA CATARINA - UFSC



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** COMPARAÇÃO ENTRE A CARGA INTERNA E EXTERNA DE TREINAMENTO ENTRE SESSÕES INTERVALADAS DE CICLISMO A PARTIR DO MÉTODO DE INTENSIDADE AUTO-AJUSTAVEL

**Pesquisador:** Ricardo Dantas de Lucas

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 57658416.3.0000.0121

**Instituição Proponente:** Universidade Federal de Santa Catarina

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 1.692.196

#### **Apresentação do Projeto:**

O projeto de pesquisa intitulado "COMPARAÇÃO ENTRE A CARGA INTERNA E EXTERNA DE TREINAMENTO ENTRE SESSÕES INTERVALADAS DE CICLISMO A PARTIR DO MÉTODO DE INTENSIDADE AUTO-AJUSTAVEL" Visa obtenção do título de mestre e é orientado por Ricardo Dantas de Lucas.

#### **Objetivo da Pesquisa:**

**Objetivo Primário:**

- Analisar e comparar medidas de performance e respostas fisiológicas ocasionadas pelo HITSPIT prescrito por durações de 4 e 8 minutos com razões de esforço: pausa de 4:1 e 2:1.

**Objetivo Secundário:**

- Quantificar o tempo absoluto (minutos) e relativo (% tempo total de sessão) acumulado nos índices t90 e t95 para cada protocolo;
- Analisar a influência da razão esforço:pausa sobre o tempo absoluto e relativo acumulado nos índices t90 e t95;
- Avaliar a influência da alteração da recuperação sob os parâmetros fisiológicos e de desempenho;
- Relacionar t@VO2Máx e t@FCMáx;
- Relacionar as respostas fisiológicas e de desempenho obtidas durante protocolos com índices fisiológicos obtidos durante teste progressivo máximo;
- Analisar e relacionar a atividade

<b>Endereço:</b> Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401	
<b>Bairro:</b> Trindade	<b>CEP:</b> 88.040-400
<b>UF:</b> SC	<b>Município:</b> FLORIANOPOLIS
<b>Telefone:</b> (48)3721-6094	<b>E-mail:</b> cep.propesq@contato.ufsc.br

Continuação do Parecer: 1.692.198

parassimpática avaliada pré esforço com desempenho atingido durante esforços;• Relacionar a atividade parassimpática pré esforço com medidas acessadas no momento pós esforço;• Investigar a relação entre intensidade e volume dos protocolos com a reativação parassimpática logo após o exercício;• Identificar a relação entre o desempenho durante os esforços máximos com reativação parassimpática;

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:****Riscos:**

Dentre as cinco visitas, o primeiro teste realizado é que demandará maior exigência física, sendo assim, é possível que ocorra pequeno desconforto. Relata-se, no entanto, que menos de 1% da população americana apresentam algum desconforto durante este tipo de teste (American College of Sports Medicine). Dentre os possíveis desconfortos destacam-se a sensação de cansaço, respiração ofegante e diminuição da pressão arterial. Tais

reações apresentarão menores chances de ocorrerem devido à elevada aptidão dos ciclistas e principalmente por estarem acostumados a executarem intensidades de magnitudes similares rotineiramente em seus treinos. Ainda assim, em caso de desconfortos relativos ao esforço máximo (por exemplo queda de pressão arterial), você será atendido prontamente pelo profissional especialista em Primeiros Socorros Prof. Dr. Ricardo Dantas de Lucas. O profissional lhe manterá deitado com as costas no chão e elevará ligeiramente suas pernas, monitorando continuamente seus sinais vitais (respiração e pulso cardíaco).

**Benefícios:**

Quanto aos benefícios e vantagens em participar deste estudo, você estará contribuindo de forma única para o desenvolvimento da ciência, dando possibilidade a novas descobertas e o avanço das pesquisas, bem como tomará conhecimento de sua capacidade funcional aeróbia (suas potências associadas aos limiares ventilatórios e de consumo máximo de oxigênio lhe serão fornecidas, dados que contribuirão para os treinamentos posteriores e monitoramento).

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Um conjunto de estudos tem recomendado a adoção de protocolos de treinos intervalados que gerem maior acúmulo de tempo entre 90-100% do consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>Máx). Recentemente, demonstrou-se que a execução de quatro estímulos de quatro minutos de duração prescritos através do método de carga autoajustável induziram menores mudanças na aptidão de ciclistas do que a realização de quatro estímulos de oito minutos de duração após sete semanas

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401  
Bairro: Trindade CEP: 88.040-400  
UF: SC Município: FLORIANOPOLIS  
Telefone: (48)3721-8094 E-mail: cep.propesq@contato.ufsc.br

Continuação do Parecer: 1.692.195

de treinamento. Os atletas realizarão cinco visitas ao laboratório. Na primeira delas, executarão teste progressivo máximo seguido por descanso passivo com duração de vinte minutos em posição supina e na sequência, realizarão um esforço máximo de oito minutos por quatro minutos de recuperação e um esforço máximo de quatro minutos por dois minutos de recuperação, ambas ativas com carga de 100 watts como proposta de familiarização com as intensidades e equipamentos. Nas quatro visitas posteriores os ciclistas realizarão quatro protocolos diferentes de HIT com carga auto-ajustável (SPIT) com variações no tempo de esforço e recuperação. Os atletas executarão todos os testes na própria bicicleta a qual será montada sob ergômetro de resistência eletromagnética (Computrainer™ PRO 3D, RacerMate, Seattle, USA), calibrado de acordo com o fabricante. Em todas as sessões, medidas de consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>), lactato sanguíneo, FC e PSE serão empregadas. Para evitar variações de desempenho e em medidas de VFC, os testes serão conduzidas no mesmo horário do dia ( $\pm$  2 horas) para cada sujeito. Os atletas também serão solicitados a ingerirem 200 ml de água duas horas antes de comparecerem ao laboratório. Amostra: Ciclistas ou triatletas do sexo masculino já habituados com treinamento intervalado de alta intensidade e classificados como recreacionais-competitivos serão recrutados para o estudo (n=15). Critério de Inclusão: Ciclistas de nível competitivo familiarizados com o treinamento intervalado de alta intensidade.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Foram apresentados os seguintes documentos:

- (1) Folha de rosto (assinada por Ricardo Dantas de Lucas conjuntamente com o diretor de Centro de Desportos/UFSC, professor Luciano Lazzaris Fernandes);
- (2) Formulário Projeto da Pesquisa (incluindo: Cronograma de Execução e Orçamento);
- (3) Projeto de pesquisa
- (4) Declaração da instituição da coleta de dados assinada por Ricardo Dantas de Lucas conjuntamente com o diretor de Centro de Desportos/UFSC, professor Luciano Lazzaris Fernandes.
- (5) Declaração dada pelo professor Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo para a utilização do Laboratório.
- (6) TCLE sem contemplar todas as exigências da resolução CNS 466/2012. (vide conclusões ou pendências e lista de inadequações)

**Recomendações:**

-

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401  
Bairro: Trindade CEP: 88.040-400  
UF: SC Município: FLORIANOPOLIS  
Telefone: (48)3721-8094 E-mail: oep.propesq@contato.ufsc.br

Continuação do Parecer: 1.692.198

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Considerando que a proposta apresentada se encontra adequadamente fundamentada, contendo documentação e demais informações pertinentes à questão ética em conformidade com os termos da legislação que trata da participação de seres humanos em pesquisa, encaminho voto favorável à Aprovação do Projeto.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_750163.pdf	07/07/2016 22:24:38		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Comite_de_etica_Cristiano.docx	07/07/2016 22:23:25	Cristiano Dall Agnol	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Comite_de_etica_Cristiano.doc	07/07/2016 22:22:33	Cristiano Dall Agnol	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Declaracao_do_Pesquisador.docx	07/07/2016 22:20:50	Cristiano Dall Agnol	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracao_institucional.pdf	07/07/2016 22:20:25	Cristiano Dall Agnol	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	07/07/2016 22:19:24	Cristiano Dall Agnol	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

FLORIANOPOLIS, 22 de Agosto de 2016

---

**Assinado por:**  
**Washington Portela de Souza**  
(Coordenador)

**Endereço:** Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401  
**Bairro:** Trindade **CEP:** 88.040-400  
**UF:** SC **Município:** FLORIANOPOLIS  
**Telefone:** (48)3721-8094 **E-mail:** oep.propesq@contato.ufsc.br