

**UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

**EFEITOS DE DIFERENTES PAUSAS NO TREINAMENTO
INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE EM PARÂMETROS
CARDIORRESPIRATÓRIOS, METABÓLICOS E DE PERFORMANCE.**

MOISÉS DIEGO GERMANO

**PIRACICABA-SP
2014**

**EFEITOS DE DIFERENTES PAUSAS NO TREINAMENTO
INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE EM PARÂMETROS
CARDIORRESPIRATÓRIOS, METABÓLICOS E DE PERFORMANCE.**

MOISÉS DIEGO GERMANO

Orientador Prof. Dr. Charles Ricardo Lopes

Projeto de Pesquisa apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Metodista de Piracicaba como pré-requisito para o exame de defesa nível de Mestrado na Área de Concentração Movimento Humano e Esporte.

PIRACICABA-SP

2014

Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNIMEP
Bibliotecária: Luciene Cristina Correa Ferreira CRB-8/ 8235

G373e Germano, Moisés Diego.
Efeitos de diferentes pausas no treinamento intervalado de alta intensidade em parâmetros cardiorrespiratórios, metabólicos e de performance. / Moisés Diego Germano. – Piracicaba, SP: [s.n.], 2014.
61f.; il.

Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências da Saúde / Programa de Pós-Graduação em Educação Física - Universidade Metodista de Piracicaba, 2014.

Orientador: Dr. Charles Ricardo Lopes

Inclui Bibliografia

1. Consumo Máximo de Oxigênio. 2. Treinamento de Endurance. 3. Tempo Gasto. 4. Lactato. I. Lopes, Charles Ricardo . II. Universidade Metodista de Piracicaba. II Título.

CDU 796.4

**UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE**

BANCA EXAMINADORA:

Professor Doutor Charles Ricardo Lopes
Mestrado em Educação Física – FACIS
Universidade Metodista de Piracicaba – SP

Professor Doutor Marcelo de Castro César
Mestrado em Educação Física – FACIS
Universidade Metodista de Piracicaba-SP

Professor Doutor Alexandre Lopes Evangelista
Coordenador de Cursos de Pós Graduação Lato Sensu –
Universidade Estácio de Sá

Observações: _____

DATA: 26/02/2014

Piracicaba – SP

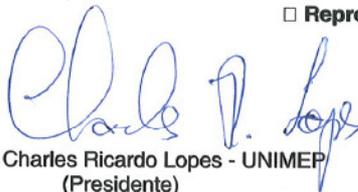
ATA DE DEFESA PÚBLICA DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

Aos vinte e seis dias do mês de fevereiro de 2014, às treze horas e trinta minutos, na Sala 207T12, do *Campus Taquaral*, o aluno **MOISÉS DIEGO GERMANO**, Licenciado em Educação Física pelo Centro Universitário Fundação Herminio Ometto, submeteu-se à Defesa Pública de Dissertação de Mestrado em Educação Física, desta Universidade, com o trabalho intitulado: **“EFEITO DE DIFERENTES PAUSAS NO TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE NOS PARÂMETROS CARDIORRESPIRATÓRIOS, METABÓLICOS E DE PERFORMANCE”**. A Banca Examinadora foi composta por: Prof. Dr. Charles Ricardo Lopes, Orientador e Presidente da Banca, Doutor em Educação Física pela Universidade Estadual de Campinas; Prof. Dr. Marcelo de Castro Cesar, Doutor em Ciências pela Universidade Federal de São Paulo e Prof. Dr. Alexandre Lopes Evangelista, Doutor em Oncologia pela Fundação Antônio Prudente. Após apresentação e arguição, o aluno foi considerado:

Aprovado

Reprovado

Banca Examinadora:


Prof. Dr. Charles Ricardo Lopes - UNIMEP
(Presidente)


Prof. Dr. Marcelo de Castro Cesar - UNIMEP


Prof. Dr. Alexandre Lopes Evangelista - UFG

A Defesa Pública foi encerrada, e para constar, eu, Dulce Helena dos Santos, confiro e assino a presente Ata juntamente com os integrantes da Banca Examinadora e a Prof. Dr. Guanís de Barros Vilela Junior, Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Educação Física, da Universidade Metodista de Piracicaba.


Dulce Helena dos Santos
Secretaria de Atendimento Integrado
de Pós-Graduação


Prof. Dr. Guanís de Barros Vilela Junior
Programa de Pós-Graduação em Educação Física
Coordenador

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Carlos Donizete Germano e Marta Germano, simplesmente por abdicarem seus sonhos pra que eu vivesse os meus.

AGRADECIMENTOS

À **DEUS**, pelo auxílio nas minhas escolhas, me confortar nas horas difíceis, por diariamente preencher meu coração de esperança, força, paciência, e, por conseguinte, persistir meus sonhos.

À **FAMÍLIA**, por todo carinho, amor e apoio incondicional, em especial meus pais, exemplos de honestidade, caráter e dedicação. Mãe e Pai, amo muito vocês.

À minha noiva **MARÍLIA FELIPPE**, por estar sempre presente na minha vida, mesmo nos momentos em que eu não estava presente na dela, por sorrir e me abraçar quando eu mais precisei, mesmo quando eu não podia sorrir e abraçá-la, pelo amor e paciência nos meus maus momentos, pelas inúmeras horas que te deixei sozinha em virtude deste sonho. Saiba que te amo incondicionalmente, porque você é a minha vida e foste preparada por Deus pra guiar os meus caminhos e por paz no meu coração. OBRIGADO.

Aos verdadeiros **AMIGOS**. Obrigado **TICIANE**, por me fazer rir durante as tardes de estudo, mas principalmente por sempre me lembrar de que sou capaz. Obrigado **BRUNO**, pelos momentos de UNIMEP, especialmente os seus conselhos de irmão mais velho. Obrigado **ADILSON**, pelas risadas e piadas inigualáveis que você nos proporcionava. Obrigado **ALEX**, pelas coletas, por me ensinar com paciência, mas principalmente pelo apoio acadêmico e pessoal. Obrigado **MÁRCIO**, pela parceria imensa de laboratório, pelas coletas mais longínquas, pelos momentos de sufoco sem gasolina e totalmente perdidos, pelas risadas, pelas horas de estudo e dedicação juntos, pelos artigos realizados, por este trabalho, mas em especial, pela amizade e companheirismo. Tenho certeza que teremos bons frutos futuramente com nossos trabalhos. Meu muito **OBRIGADO** a todos, sem vocês eu não conseguiria.

Ao **PROFESSOR DR. CHARLES RICARDO LOPES**, pelos imprescindíveis conhecimentos transmitidos, que me serviram de farol, iluminando as escolhas e os caminhos certos a percorrer, pelas inúmeras oportunidades que me deu ao longo do curso, por acreditar na minha capacidade acadêmica, pelo despertar em mim o instinto investigatório, pelo exemplo de profundo respeito à ciência e de compromisso irrestrito com a verdade. Pelas longas discussões, pelos planos, pela paciência, pelos trabalhos juntos e por toda dedicação despendida em minha formação ao longo dos dois anos. Acima disso, agradeço por fazer parte da realização deste sonho. Minha sincera gratidão! Aos demais professores do curso, em especial **PROFESSORA DRA. ROZANGELA VERLENGIA** e **PROFESSOR DR. PAULO HENRIQUE MARCHETTI**, obrigado pela amizade e constante generosidade na transmissão dos conhecimentos.

À **UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA** e **TODOS OS FUNCIONÁRIOS**, por toda gentileza e estrutura concedida para a minha formação.

À **SAÚDE**, me levando em frente até então.

Moisés Diego Germano

De tudo ficaram três coisas:
A certeza de que estamos sempre começando...
A certeza de que precisamos continuar...
A certeza de que seremos interrompidos antes de terminar...

Portanto devemos:
Fazer da interrupção um caminho novo...
Da queda um passo de dança...
Do medo, uma escada...
Do sonho, uma ponte...
Da procura, um encontro...

Fernando Pessoa

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi investigar as respostas agudas do treinamento intervalado de alta intensidade (TI) com diferentes tempos e tipos de pausas nos parâmetros cardiorrespiratórios, metabólicos e de performance. Oito indivíduos fisicamente ativos ($28,0 \pm 3,7$ anos; $75,0 \pm 10,5$ Kg; $174,1 \pm 3,7$ cm; $49,5 \pm 5,9$ ml/kg⁻¹min⁻¹) foram submetidos a quatro protocolos randomizados de TI na $vVO_{2m\acute{a}x}$ separados por pausa passiva curta (PC–2min); passiva longa (PL–8min); ativa curta (AC–2min) e ativa longa (AL–8min). Foram avaliados para cada pausa: performance dos esforços máximos; tempo limite (Tlim); duração máxima do exercício; distância máxima percorrida (DP); tempo gasto em altos percentuais de $VO_{2m\acute{a}x}$; média do $VO_{2m\acute{a}x}$ em exercício e a remoção do lactato durante e após o exercício. Anova (1-way) com fator de correção medidas repetidas foi aplicada para comparar os parâmetros cardiorrespiratórios, metabólicos e de performance. Foram encontradas alterações significantes na performance entre PL e as duas pausas ativas ($P<0,01$), e entre as pausas PC x AL ($P<0,05$). Foram encontradas alterações significantes no Tlim entre PC x AC ($P<0,05$); PC x AL ($P<0,05$); PL x AC ($P<0,01$) e PL x AL ($P<0,01$), respectivamente. Não foram encontradas alterações significantes nas concentrações de lactato durante o exercício na comparação entre nenhuma das pausas ($P>0,05$). Foram observadas alterações significantes na média do VO_2 entre PL x PC ($P<0,05$). Em adição, foram observadas alterações no tempo total de exercício entre as passivas em comparação às duas pausas ativas ($P<0,01$). Não foram encontradas alterações significantes no tempo gasto de altos percentuais de $VO_{2m\acute{a}x}$ em nenhuma das pausas ($P>0,05$). Conclui-se que a utilização de pausas PL promove vantagem em relação às ativas, pois permite melhora ou manutenção da performance ao longo dos EM, maior Tlim e distância percorrida que também são fatores determinantes no incremento do $VO_{2m\acute{a}x}$.

Palavras-chave: Consumo máximo de oxigênio, treinamento de *endurance*, tempo gasto, lactato.

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the acute responses of high-intensity interval training (TI) with different times and types of recoverys in cardiorespiratory, metabolic and performance parameters. Eight physically active subjects (28.0 ± 3.7 years, 75.0 ± 10.5 kg, $174.1 \text{ cm} \pm 3.7$, 49.5 ± 5.9 ml/kg⁻¹min⁻¹) underwent four protocols in randomized TI $v\text{VO}_{2\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}}$ separated by short passive recovery (PC-2min); long passive recovery (PL-8min); short active recovery (AC-2min) and long passive recovery (AL-8min). Were evaluated for each pause: performance of maximum effort, time limit (Tlim); maximum exercise duration, maximum distance (PD), time spent at high percentage of $\text{VO}_{2\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}}$, mean $\text{VO}_{2\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}}$ in the exercise and the removal of lactate during and after of exercise. ANOVA (1-way) with repeated measures correction factor was applied to compare the cardiorespiratory, metabolic and performance parameters. Significant changes were found in performance between the two active PL and pauses ($P < 0.01$), and between the PC x AL ($P < 0.05$). Significant changes were found between PC Tlim x AC ($P < 0.05$), AL x PC ($P < 0.05$), PL x AC ($P < 0.01$) and PL x AL ($P < 0.01$), respectively. No significant changes were found in blood lactate during exercise in comparing any recovery's ($P > 0.05$). Significant changes were observed in mean VO_2 between PL x PC ($P < 0.05$). In addition, changes were observed in total exercise time between passive compared to the two active recoverys ($P < 0.01$). No significant changes were found in time spent high percentages of $\text{VO}_{2\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}}$ in any of recoverys ($P > 0.05$). We conclude that the use of recovery PL promotes advantage over active, it allows improvement or maintenance of performance over the AT, greater Tlim and distance that are also critical factors in the increase of $\text{VO}_{2\text{max}}$.

Key Words: Maximal oxygen uptake, endurance training, time to spent, lactate.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Descrição gráfica do modelo experimental utilizado.....32
- Figura 2** – Representa os momentos de coleta de lactato entre os esforços máximos e após o exercício.....34
- Figura 3** – Tempo em segundos da performance.....39
- Figura 4** – Representa os valores de Tlim (seg.) e distância mpaxima percorrida (m) correspondentes à média da soma dos cinco esforços máximos.....41
- Figura 5** – Comparação metabólica durante e após o TI entre e intra diferentes pausas por meio da cinética de remoção de lactato.....43
- Figura 6** – Comparação metabólica do valor Δ entre diferentes tempos e tipos de pausas.....44
- Figura 7** – Comparação da média do VO_2 e o tempo total (min) em exercício durante o TI com diferentes tempos e tipos de pausas.....44
- Figura 8** – Efeitos de diferentes tempos e tipos de pausas na permanência de altos percentuais de $VO_{2m\acute{a}x}$45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Apresenta os resultados do teste incremental máximo.....37

Tabela 2 – Representa em média (desvio padrão) os valores pico de variáveis cardiorrespiratórias e de performance nos esforços máximos alternados com diferentes tempos e tipos de pausas.....38

Tabela 3 – Valores da performance (seg.) dos cinco esforços máximos em média e desvio padrão e os valores do tamanho do efeito (TE) entre os EM.....40

Tabela 4 – Representa a comparação entre pausas pelo efeito do tamanho dos valores médios de Tlim.....41

LISTA DE ABREVIATURAS

TE – Treinamento de endurance
TI – Treinamento intervalado de alta intensidade
 $vVO_{2m\acute{a}x}$ – Velocidade do consumo máximo de oxigênio
MLSS – Máxima fase de lactato estável
TIL – Treinamento intervalado longo
TIC – Treinamento intervalado curto
 $VO_{2m\acute{a}x}$ – Consumo máximo de oxigênio
 H^+ – Íons hidrogênio
Tlim – Tempo limite
PCr – Creatina fosfato
L1 – Limiar ventilatório 1
L2 – Limiar ventilatório 2
 $vL1$ – Velocidade do limiar ventilatório 1
 $vL2$ – Velocidade do limiar ventilatório 2
FC – Frequência cardíaca
 $FC_{m\acute{a}x}$ – Frequência cardíaca máxima
R – Razão de trocas respiratórias
 CO_2 – Gás carbônico
 O_2 – Oxigênio
ATP – Trifosfato de adenosina
MCT – Transportador de monocarboxilato
 HCO_3^- – Íon bicarbonato
 H_2CO_3 – Ácido Carbônico
MAS – Máxima velocidade aeróbia
PC – Passiva curta (2 minutos)
PL – Passiva Longa (8 minutos)
AC – Ativa curta (2 minutos)
AL – Ativa longa (8 minutos)
 $VCO_{2m\acute{a}x}$ – Máxima produção de gás carbônico
 $R_{m\acute{a}x}$ – Razão de trocas respiratórias máximas
 VO_{2pico} – Consumo de oxigênio pico
DP – Distância percorrida
EM – Esforço máximo
 VO_2L2 – Consumo de oxigênio no limiar ventilatório 2
 $L2\%VO_{2max}$ – Percentual do consumo máximo de oxigênio no limiar ventilatório 2
FCL2 – Frequência cardíaca no limiar ventilatório 2
 VO_2L1 – Consumo de oxigênio no limiar ventilatório 1
 $L1\%VO_{2max}$ – Percentual do consumo máximo de oxigênio no limiar ventilatório 1
FCL1 – Frequência cardíaca no limiar ventilatório 1
TE – Tamanho do efeito
 Δ – Valor delta do lactato
 $D_{m\acute{a}x}$ – Duração máxima

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	15
2.	REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1	Intensidade do esforço no TI.....	19
2.2	Efeitos de TIC e TIL na $vVO_{2máx}$	23
2.3	Respostas metabólicas e cardiorrespiratórias a partir de diferentes tempos e tipos de pausas no TI.....	25
3.	OBJETIVOS.....	30
3.1	Objetivos Específicos.....	30
3.2	Objetivos Gerais.....	30
4.	MÉTODOS.....	31
4.1	Casuística.....	31
4.2	Desenho Experimental.....	31
4.3	Avaliação Antropometria.....	32
4.4	Teste Incremental Máximo.....	32
4.5	Sessão de TI.....	33
4.6	Análise do Lactato.....	35
4.7	Medidas e Cálculos.....	35
4.8	Análise Estatística.....	35
5.	RESULTADOS.....	37
5.1	Apresenta os valores obtidos no teste incremental máximo.....	37
5.2	Comparação dos valores pico (VO_2 , VE, RER, FC e $Dmáx$) obtidos ao longo dos quatro protocolos de TI com diferentes pausas.....	39
5.3	Efeito das cinco sessões de TI nos parâmetros de performance.....	39
5.4	Caracterização metabólica durante e após o TI com diferentes pausas.....	42
5.5	Efeito de diferentes tempos e tipos de pausas no VO_2 e nos tempos gastos acima de 80, 85, 90 e 95% do $VO_{2máx}$	44
6.	DISCUSSÃO.....	46
7.	CONCLUSÕES.....	52
8.	REFERÊNCIAS.....	53

1. INTRODUÇÃO

O treinamento de endurance (TE) induz diversas alterações fisiológicas e promove o incremento da resistência, que é uma das principais capacidades biomotoras e responsável pela performance em modalidades esportivas cíclicas (natação, corridas e ciclismo) (BILLAT, 2001). A partir disso, atletas e técnicos estão cada vez mais interessados em aperfeiçoar e incluir o TE em seus programas de treinamento (PATON e HOPKINS, 2005), com o propósito de melhoria da performance esportiva (IAIA et al. 2009).

A capacidade de resistência pode ser caracterizada como a habilidade de manter uma determinada intensidade de esforço físico por longos períodos ou alcançar altas taxas de potência ao final de uma distância fixa ou tempo (JONES e CARTER, 2000). A literatura tem sugerido que um dos principais métodos de treinamento que atuam no incremento da resistência e da performance esportiva de atletas de elite é o treinamento intervalado de alta intensidade (TI) (GIBALA et al. 2006; GIBALA et al. 2012). O TI envolve repetidos esforços (sprints) máximos e/ou supramáximos de curta e/ou longa duração ($\geq 90 - 120\%$ da velocidade do consumo máximo de oxigênio [$v\text{VO}_{2\text{máx}}$]; \geq a máxima fase de lactato estável [MLSS]) separados por períodos de recuperação, que podem ser de forma passiva ou com a realização de exercícios em intensidades moderadas (pausa passiva e ativa, respectivamente) (BILLAT, 1996; KOLSKY et al. 2011; SARASLANIDIS et al. 2011; GIBALA et al. 2012; EDGE et al. 2013).

Há relatos de que em 1912, o corredor campeão olímpico dos 10.000 metros, Hannes Kolehmainen, já utilizava o TI em seus treinamentos, onde corria de 3 a 5 repetições de 3 minutos e 5 segundos a cada 1000 metros a 19 km/h (BILLAT, 2001). Em 1920, Hill e colaboradores realizaram experimentos pioneiros com exercícios intermitentes (SEILER e TØNNESEN, 2009; BUCHHEIT e LAURSEN, 2013). No entanto, o TI foi primeiramente descrito em um jornal científico por Reindell e Roskamm (1959) e Reindell et al. (1962), sendo popularizado após a segunda guerra mundial, a partir da década de 1950 pelo campeão olímpico Emil Zatopek.

Em 1960, o pesquisador Per Aløf Astrand e colaboradores (1960) criaram a primeira base científica por meio de vários trabalhos que compararam as respostas metabólicas de esforços longos (TIL) e curtos (TIC) em intensidades na MLSS ou na $vVO_{2máx}$ (BILLAT, 2011). Dentro do mesmo grupo de pesquisadores, Christensen et al. (1960) apresentaram que TIC (5 a 30 segundos) na $vVO_{2máx}$ separados por intervalos de 10 a 40 segundos de pausa possuem a capacidade de alcançar o $VO_{2máx}$ durante subsequentes sprints sem a acumulação significativa de lactato. Em contrapartida, os referidos autores também apresentaram que TIL (2 a 6 minutos) na $vVO_{2máx}$ elevam as concentrações plasmáticas de lactato em virtude da manutenção do trabalho contrátil e consideraram que a intensidade na $vVO_{2máx}$ é uma excelente ferramenta para melhorar o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$), pois todos os parâmetros cardiorrespiratórios estão em suas capacidades máximas (ASTRAND et al. 1960).

Nas últimas décadas, o TI tem sido alvo de pesquisas e debates científicos devido o seu potencial benéfico em sujeitos saudáveis, doentes e atletas, por meio de diversas adaptações neuromusculares (incremento no conteúdo de substratos energéticos e atividade de enzimas oxidativas e glicolíticas, melhora no recrutamento e sincronização de unidades motoras e aumento na velocidade de condução de potenciais de ação), moleculares (biogênese mitocondrial por meio da fosforilação da AMPK, CaMK e PGC-1 α), metabólicas (melhora no transporte de proteínas envolvidas na regulação do pH e na eficiência de remoção do co-transportador lactato e dos H⁺ do músculo para o sangue e sangue-tecidos; fosfato, bicarbonato, proteínas, hemoglobina, mitocôndria), imunológicas (aumento na atividade de leucócitos e subpopulações) e principalmente cardiorrespiratórias (melhora no $VO_{2máx}$) (ROSS e LEVERITT, 2001; BILLAT, 2001; SPENCER et al. 2005; GLAISTER, 2005).

O $VO_{2máx}$ é uma das variáveis mais utilizadas pelos cientistas do esporte para determinar a potência aeróbia, capacidade anaeróbia e prever o performance de atletas de endurance (BILLAT, 2001). O incremento do $VO_{2máx}$ por meio do TI pode ser explicado pelo fato de que tal método permite o alcance e a manutenção de altos percentuais de $VO_{2máx}$ (90, 95%) durante o

exercício (THEVENET et al. 2007), o que desencadeia respostas cardiorrespiratórias e metabólicas mais pronunciadas.

Contudo, além da intensidade e volume do exercício, a magnitude de alcance e manutenção de altos percentuais de $VO_{2máx}$ também é dependente dos diferentes tempos e tipos de pausas entre repetidos esforços máximos (BILLAT, 2001; THEVENET et al. 2007; BURGOMASTER et al. 2008; ZAFEIRIDIS et al. 2010). Alguns estudos tem proposto que a utilização de pausas ativas (50% da $vVO_{2máx}$) permite maior velocidade para alcançar o $VO_{2máx}$ (cinética do $VO_{2máx}$), melhora no tempo até a exaustão voluntária (T_{lim}), bem como no tempo gasto em altos percentuais de $VO_{2máx}$ em relação à pausa passiva (BOGDANIS et al. 1996; MILLET et al. 2003; TARDIEU-BERGER et al. 2004). Em adição, alguns experimentos também têm encontrado melhora na remoção do lactato pelas pausas ativas em relação às passivas, mas sem influências na performance de esforços subsequentes (BONEN e BELCASTRO, 1976; GUPTA et al., 1996; TAOUTAOU et al., 1996).

Em contraste, outros experimentos não suportaram tais hipóteses, devido a uma melhora significativa no T_{lim} , maior número de repetições e sem diferenças significantes no tempo gasto em altos percentuais de $VO_{2máx}$ pelas pausas passivas em relação às ativas (DUPONT et al. 2003; 2004; THEVENET et al. 2007). No tocante à performance, a maioria dos estudos tem apresentado que a pausa passiva proporciona melhora ou maior potencial de manutenção da performance (BANGSBO et al. 1994; DUPONT et al. 2003a; LOPES, 2010), devido sua capacidade de ressíntese dos principais substratos energéticos (PCr) entre os esforços máximos, na capacidade oxidativa e nos sistemas de regulação do pH e em parâmetros ventilatórios (TOUBEKIS et al. 2005; LOPES, 2010), sendo que poucos estudos apresentaram melhora da performance com pausas ativas (DORADO et al. 2004).

Diante disso, pode ser especulado que a literatura ainda não apresenta de maneira clara a melhor combinação das variáveis do treinamento que proporcione maior efetividade no incremento de parâmetros cardiorrespiratórios, metabólicos e de performance. A maioria dos estudos transversais que compararam os efeitos de diferentes pausas em tais

parâmetros, principalmente na capacidade de alcançar o $VO_{2máx}$, no T_{lim} e o tempo gasto em altos percentuais de $VO_{2máx}$ utilizaram TIC (90% - 140% da $vVO_{2máx}$; 15 s a 30s) (DUPONT et al. 2003; WAKEFIELD e GLAISTER, 2009), sendo que, para o nosso conhecimento, nenhum estudo investigou os efeitos cardiorrespiratórios, metabólicos e de performance a partir de TIL com diferentes tempos e tipos de pausas até o T_{lim} .

A partir disso, se torna necessário a realização de pesquisas que investiguem as principais respostas adaptativas cardiorrespiratórias, metabólicas e de performance por meio de diversos protocolos de TI, principalmente devido ao aumento de sua utilização por corredores competitivos de provas de fundo, amadores e de elite, bem como por diferentes populações em eventos de corrida de longas distâncias (TOUBEKIS et al. 2005, 2006; BURGOMASTER et al. 2008; SARASLANIDIS et al. 2011, KOLSKY et al. 2011).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Intensidade do esforço no TI

A maior função do sistema cardiorrespiratório durante o esforço máximo é fornecer um contínuo fluxo de oxigênio e nutrientes para o músculo esquelético e remover metabólitos da respiração celular (MAYERS, 2001; CRISP et al. 2013). Esta capacidade representa um determinante mecanismo na predição da performance de atletas de endurance e modalidades esportivas em que a corrida é parte integrante, além de ser uma excelente ferramenta no prognóstico de limitações cardíacas e/ou respiratórias (WASSERMAN et al. 1999; BASSETT E HOWLEY, 2000; FERRAZZA et al. 2009; CRISP et al. 2013).

Uma das formas de avaliação do sistema cardiorrespiratório estabelecida pela literatura é o teste incremental máximo, considerado como ferramenta “padrão ouro”, devido sua capacidade de analisar o sistema nervoso, cardiopulmonar e metabólico, por meio dos parâmetros ventilatórios submáximos (L1 e L2), máximos ($VO_{2máx}$) e suas respectivas velocidades ($vL1$, $vL2$, $vVO_{2máx}$), a razão de trocas respiratórias (R), e a frequência cardíaca máxima ($FC_{máx}$) que podem ser utilizadas na prescrição da intensidade em treinamentos específicos e individualizados (LOURENÇO et al. 2007). No entanto, a quantificação de tais parâmetros é fortemente dependente do protocolo de exercício utilizado e do nível de treinabilidade do avaliado (LUCIA et al. 2002).

O L1 é caracterizado pelo aumento da participação glicolítica, mesmo que ainda em condições predominantemente aeróbias, e pelo aumento abrupto na concentração de CO_2 comparado ao O_2 , em virtude do aumento exponencial da intensidade do esforço e da hidrólise do ATP (MEYER et al. 2004), que resulta no aumento significativo de H^+ no citosol muscular, responsável pela diminuição do pH muscular e subsequente fadiga (ROBERGS et al. 2004). Tal fenômeno biológico promove a ação da enzima lactato desidrogenase, que catalisa a redução do piruvato à lactato, a partir da ineficiência da mitocôndria, que na $vL1$ já não consegue sozinha realizar o tamponamento (MEYER et al.

2004; ROBERGS et al. 2004), e da capacidade do lactato em tamponar e co-transportar os H^+ para a corrente sanguínea, onde será reutilizado como energia pra diversos tecidos ou glicose. Esse transporte do lactato é realizado por meio de uma classe de transportadores de monocarboxilato (MCT's) presentes na membrana plasmática do tecido muscular (PILEGAARD et al. 1999; BROOKS, 2000; CERRETELLI e SAMAJA, 2003; JUEL et al. 2004; GLADDEN, 2004; PÉRONNET e AGUILANIU, 2006).

Além do lactato como agente tampão, outros tampões fixos intracelulares, como as proteínas, carnosina, fosfato inorgânico (Pi) e principalmente o íon bicarbonato (HCO_3^-) também atuam nos processos de tamponamento dos H^+ no plasma. Esta reação promove um aumento da produção de CO_2 , conhecido como CO_2 não metabólico, devido à soma do CO_2 produzido pelo ciclo de Krebs. Posteriormente, o CO_2 se difunde pra dentro das hemácias e se transforma em ácido carbônico (H_2CO_3) por meio da enzima anidrase carbônica, contribuindo para a liberação do CO_2 nos pulmões e subsequente regeneração do HCO_3^- (BROOKS, 2000; CERRETELLI e SAMAJA, 2003; GLADDEN, 2004; PÉRONNET e AGUILANIU, 2006).

Sugere-se que este ponto cardiorrespiratório e bioquímico é marcado pelo início da contribuição do metabolismo anaeróbio, pela máxima capacidade do metabolismo oxidativo para a manutenção do esforço e pela eficiente capacidade de tamponamento (BOSQUET et al. 2002). Um método eficiente para detectar esse ponto é conhecido de *V-slop*, porque determina o momento da quebra da linearidade da produção de dióxido de carbono (VCO_2) e VO_2 , em intensidades em torno de 70 a 75% do $VO_{2máx}$, de acordo com o nível de treinabilidade (WASSERMAN et al. 1999; MEYER et al., 2005).

O PCR ou L2 é o ponto onde ocorre maior dependência do metabolismo anaeróbio láctico para a formação de ATP, devido ao aumento constante da intensidade do esforço (MEYER et al. 2005; PÉRONNET e AGUILANIU, 2006), o que desencadeia maior produção de H^+ em função do contínuo trabalho contrátil. Esta reação resulta na queda do pH sanguíneo, o que é rapidamente detectado pelos quimiorreceptores periféricos (corpos aórticos e corpos carotídeos) e centrais, resultando no aumento da ventilação pulmonar (VE)

pelos centros respiratórios e início da hiperventilação, com o objetivo de reestabelecer o pH e diminuir a pressão parcial do gás carbônico (PCO_2) (BEAVER et al. 1986; AMANN et al. 2004; MEYER et al. 2005; PÉRONNET e AGUILANIU, 2006). A literatura sugere que a intensidade do esforço na vL2 seja em torno de 75 a 85% do $VO_{2máx}$ (MEYER et al. 2005) e pode ser visualizado pela perda da linearidade entre VE em relação ao VCO_2 .

O conhecimento das velocidades correspondentes a essas variáveis é extremamente importante para prescrever intensidades de treinamento de maneira precisa e avaliar efeitos de diferentes metodologias no incremento da performance de endurance. A partir disto, Lucia et al. (2002) estabeleceu e classificou três zonas de intensidade de treinamento distintas a partir da determinação do L1 e L2: Zona 1 que representa uma zona de baixa intensidade (abaixo do L1); Zona 2 que representa uma zona de moderada intensidade, com variação entre L1 e L2; e zona 3, que é definida por intensidades acima do L2. Contudo, após o ponto correspondente ao L2, a partir do contínuo incremento na intensidade do esforço, ocorre a máxima capacidade de captar, transportar e utilizar o oxigênio ($VO_{2máx}$), sendo um dos maiores determinantes na performance de endurance e objeto de interesse por parte de pesquisadores, técnicos e atletas (HILL e ROWELL, 1997). Tal reação pode ser visualizado por meio de um platô (steady state) no VO_2 na intensidade máxima do exercício ($vVO_{2máx}$) (LOURENÇO et al. 2007), e especulado como uma possível zona 4.

Durante muitos anos foi aceito que esforços em intensidades submáximas (L1 e L2) de maneira constante, ou intensidades máximas por períodos curtos (TIC) eram as formas mais eficazes de incremento no $VO_{2máx}$ (HILL et al. 1997; HILL e ROWELL, 1997; DEMARIE et al. 2000). No entanto, quando se trata de corredores de alto nível, as adaptações cardiorrespiratórias decorrentes destas intensidades provavelmente já ocorreram (LAURSEN e JENKINS, 2002), o que, por conseguinte, resulta na necessidade de maiores ganhos na potência aeróbia e capacidade anaeróbia. Portanto, numerosos pesquisadores concordam e recomendam que para o incremento do $VO_{2máx}$ é necessário a utilização de protocolos de TI que permitam velocidades muito próximas do $VO_{2máx}$, na $vVO_{2máx}$, ou acima da $vVO_{2máx}$ (ROBINSON et al. 1991;

BAQUET et al. 2002; DUPONT et al. 2002), assim como a manutenção desta intensidade por um período de tempo prolongado (TABATA et al. 1997).

A $vVO_{2máx}$ tem sido utilizada para determinar tempo de permanência no esforço máximo até a exaustão voluntária (T_{lim}) (BILLAT, 2001; CRISP et al. 2013), sendo um parâmetro correlacionado a performance de corridas de longas distâncias, como 1500 a 5000 metros, 10 quilômetros e 21 quilômetros (BILLAT et al. 1999; BUCHHEIT e LAURSEN, 2013). Tanto a $vVO_{2máx}$ quanto o T_{lim} , têm sido utilizados como índices de potência aeróbia e capacidade anaeróbia, respectivamente, para prescrever de forma individualizada a duração, o número de estímulos em uma sessão intervalada, bem como prever a performance em atletas (BILLAT e KORALSZTEIN, 1996; BILLAT, 2001). Contudo, existe grande dificuldade de possíveis comparações dos valores de T_{lim} intra e inter estudos, devido a grande variabilidade dos protocolos de treinamento e do nível de treinabilidade dos sujeitos (BILLAT e KORALSZTEIN, 1996).

Billat et al. (1999); Smith et al. (1999) e Smith et al. (2003) manipularam sessões de treinamento intervalado em intensidades próximas ou na $vVO_{2máx}$, a fim de verificar a magnitude de aumento do T_{lim} , assim como no tempo de permanência no $VO_{2máx}$ ou acima de percentuais deste (90 ou 95% $VO_{2máx}$). Em adição, outros experimentos tem reportado uma variação de 2.5 minutos (BILLAT et al. 1996) a 10 minutos (DEMARIE et al. 2000) de T_{lim} na $vVO_{2máx}$, o que demonstra grande variabilidade na performance de diferentes atletas de endurance. A partir deste princípio, Billat et al. (1996) avaliaram o T_{lim} na $vVO_{2máx}$ em diferentes modalidades esportivas (ciclismo, caiaque, natação e corrida) com a utilização de ergômetros especializados para cada modalidade. Os resultados apresentaram diferença significativa entre ciclistas (222 seg.) e remadores de caiaque (376 seg.), o que denota que há diferenças entre modalidades.

Postula-se que esta respectiva intensidade seja fortemente indicada para alcançar incremento no $VO_{2máx}$, em virtude da magnitude do esforço, que permite altos percentuais de $VO_{2máx}$ durante o exercício e maiores distúrbios cardiorrespiratórios (débito cardíaco), metabólicos (capacidade de

tamponamento), e neuromusculares (recrutamento de unidades motoras) (HELGERUD et al. 2001; CRISP et al. 2013). Outros estudos ainda, tem apresentado melhoras no $VO_{2m\acute{a}x}$, $vVO_{2m\acute{a}x}$, desempenho anaeróbio e fluxo sanguíneo por meio de intensidades acima da $vVO_{2m\acute{a}x}$ (120 – 150% $vVO_{2m\acute{a}x}$; zona 5) (DUPONT et al. 2004; WAKEFIELD e GLAISTER, 2009; EDGE et al. 2013). A tabela 1 apresenta diversos estudos e adaptações por meio de protocolos de treinamento nas $vL1$, $vL2$, $vVO_{2m\acute{a}x}$ e acima da $vVO_{2m\acute{a}x}$ (zonas 1, 2, 3, 4 e 5).

2.2 Efeitos de TIC e TIL na $vVO_{2m\acute{a}x}$

Como discutido no tópicos acima, o TI em intensidade na $vVO_{2m\acute{a}x}$ é uma excelente ferramenta no incremento da potência aeróbia e capacidade anaeróbia em corredores de todos os níveis (ASTRAND et al. 1960; TABATA et al. 1997; BILLAT, 2001). Recentemente, vários estudos têm avaliado as alterações metabólicas e cardiorrespiratórias induzidas pelo TI com diferentes durações e intensidades fixas (15 segundos até o $Tlim$; 80% e 140% da $vVO_{2m\acute{a}x}$) (SMITH et al. 1999; BILLAT et al. 2000; 2001). No entanto, ainda há inconsistências metodológicas na manipulação das variáveis agudas que norteiam o contínuo processo do treinamento físico e que influenciam diretamente no alcance do $VO_{2m\acute{a}x}$ e no tempo gasto em altos percentuais de $VO_{2m\acute{a}x}$ ($t_{90\%}$ – $t_{95\%}$ $VO_{2m\acute{a}x}$), o que faz com que não fique clara a melhor combinação da intensidade, duração do esforço e recuperação, bem como a intensidade da recuperação quando realizada de forma ativa, e o número de esforços inerentes ao protocolo (WAKEFIELD e GLAISTER, 2009).

Os experimentos pioneiros de Astrand et al. (1960) apresentaram a principal alteração fisiológica entre TIC e TIL. O referido grupo de autores reportaram que TIC (15 – 30 segundos de esforço na $vVO_{2m\acute{a}x}$ separados por 30 segundos de recuperação) possui capacidade de alcançar o $VO_{2m\acute{a}x}$ sem a acumulação significativa de lactato ($2.2 \text{ mmol} \cdot \text{s}^{-1}$), enquanto que TIL (2 a 6 minutos na $vVO_{2m\acute{a}x}$ separados por 2 a 6 minutos de recuperação) na $vVO_{2m\acute{a}x}$ elevam as concentrações plasmáticas de lactato em virtude da manutenção do trabalho contrátil, considerado até então como agente causador de fadiga

periférica (GREEN, 1997). A partir disso, diversos experimentos com TIC e durações fixas foram realizados com o objetivo de analisar a capacidade de alcançar o $VO_{2m\acute{a}x}$ e o tempo gasto em altos percentuais de $VO_{2m\acute{a}x}$ sem a acumulação significativa de lactato (BILLAT et al. 2000; DUPONT et al. 2003, 2004; DUPONT e BERTHOIN, 2004).

Contudo, os conceitos de causa e efeito entre produção de lactato, acidose láctica e fadiga muscular foram quebrados com os artigos de Robergs (ROBERGS, 2001; ROBERGS et al. 2004). Vários experimentos vêm mostrando que uma grande produção de lactato indicaria somente uma determinada magnitude de produção de ATP via metabolismo anaeróbio láctico (BROOKS, 2007), sem reduções concomitantes dos níveis de força e performance (MACEDO et al. 2009), além disso grandes concentrações de lactato muscular estimulam sua remoção via MCT4 (BROOKS et al. 1996; BILLAT, 2001), que é um dos mecanismos de tamponamento mais necessários para a manutenção do pH. Em adição, a literatura apresenta que TIC não possui capacidade de alcançar o $VO_{2m\acute{a}x}$ logo no primeiro esforço, mas ao longo de subseqüentes repetições, além de manter altos percentuais de $VO_{2m\acute{a}x}$ por curtos períodos, devido o tempo de estímulo (BUCHHEIT e LAURSEN, 2013). A partir dessa hipótese, tem sido sugerido que o T_{lim} é a variável mais adequada na determinação e prescrição da duração do TI (BILLAT et al. 1996), porque além da capacidade de alcançar o $VO_{2m\acute{a}x}$ logo no primeiro esforço, também possui capacidade de sustentar maior tempo de altos percentuais de $VO_{2m\acute{a}x}$ (ROBINSON et al. 1991; TABATA et al. 1997; DEMARIE et al. 2000; BILLAT, 2001).

Billat et al. (1996), Billat et al. (1999) e Smith et al. (1999) utilizaram de 3 – 5 repetições a partir de percentuais do T_{lim} em corredores bem treinados, e encontraram melhora no tempo gasto em altos percentuais de $VO_{2m\acute{a}x}$, na $vVO_{2m\acute{a}x}$ e performance em corrida de 3.000 metros em poucas semanas de treinamento (2 – 4 semanas). Em adição, Franch et al. (1998) investigaram os efeitos de 6 semanas (3 sessões por semana) de corrida contínua a 90% da $vVO_{2m\acute{a}x}$, de TIC (15 segundos de esforço separado por 15 segundos de recuperação passiva) e TIL (4 minutos de esforço separados por 2 minutos de recuperação passiva) em intensidades supra $vVO_{2m\acute{a}x}$. Os autores encontraram

incremento na $vVO_{2m\acute{a}x}$, no $VO_{2m\acute{a}x}$ e na economia de corrida no treinamento contínuo (9%, 5.9%, e 3.1% respectivamente), no TIL (10%, 6% e 3%, respectivamente) e no TIC (3.6%, 4% e 0.9%, respectivamente).

Tais resultados dos estudos mencionados acima fornecem um substancial suporte de que TIC na $vVO_{2m\acute{a}x}$ possui menor efeito fisiológico, principalmente em atletas que possuem maior T_{lim} (MILLET et al. 2003), enquanto que TIL na $vVO_{2m\acute{a}x}$ por meio do enorme trabalho contrátil possui maior capacidade de estressar os mecanismos cardiorrespiratórios ($VO_{2m\acute{a}x}$ e débito cardíaco), metabólicos (capacidade de tamponamento), neurais (maior recrutamento de unidades motoras), moleculares (densidade mitocondrial) e os sistemas de fornecimento de energia, o que resulta em adaptações mais pronunciadas (TABATA et al. 1997; BILLAT, 2000; 2001).

2.3 Respostas metabólicas e cardiorrespiratórias a partir de diferentes tempos e tipos de pausas no TI

O contínuo trabalho contrátil durante esforços de alta intensidade promove alterações na homeostase bioquímica intramuscular e cardiorrespiratória, que resulta no aumento da produção de metabólitos musculares, e por consequência, distúrbios fisiológicos, responsáveis diretamente pela queda na performance durante os repetidos esforços máximos (McKENNA et al. 2008; McKENNA e HARGREAVES, 2008).

Portanto, além da intensidade e duração do esforço, a manipulação e combinação dos diferentes tempos e tipos de pausas, bem como a intensidade da pausa quando realizada de maneira ativa têm sido considerada de extrema importância pelos cientistas do esporte e pode ser caracterizado como peça chave nos processos metabólicos adaptativos do TI. O tipo e tempo de pausa pode exercer influência direta na magnitude dos distúrbios metabólicos, tais como: capacidade de ressintetizar a PCr, manter o pH intra e extracelular, combater o acúmulo de metabólitos, manutenção das propriedades sinápticas e neuronais, bem como a oxidação do lactato pós-exercício, por meio da produção de ATP mitocondrial via fosforilação oxidativa, o que contribui para a

contínua produção de força e velocidade de encurtamento do tecido muscular (GLAISTER, 2005) e, por conseguinte, na performance do TI (SARASLANIDIS et al. 2011).

A literatura tem apresentado que as pausas ativas são mais eficientes na remoção do lactato pelo aumento do fluxo sanguíneo (BONEN e BELCASTRO, 1976; GUPTA et al. 1996; TAOUTAOU et al. 1996), o que poderia permitir melhor regulação dos mecanismos de tamponamento e subsequente efeito positivo na performance. Dorado et al. (2004) encontraram melhora na performance a partir da recuperação ativa entre subseqüentes esforços máximos em relação à pausa passiva por meio de um possível aumento no rendimento.

Bonen e Belcastro (1976), Gupta et al. (1996) e Taoutaou et al. 1996) encontraram que a pausa ativa realizada entre 30 a 60% da $vVO_{2máx}$ por pelo menos 20 minutos permite alta oxidação do lactato. Entretanto, a rápida oxidação do lactato não necessariamente significa rápida recuperação, com subsequente melhora na performance de repetidos esforços máximos. Bond et al. (1991) comparou os efeitos do tipo de pausa na remoção do lactato sanguíneo e teste de força. Os sujeitos de um grupo realizaram 1 minuto de esforço a 150% da $vVO_{2máx}$ separados por recuperação ativa durante 20 minutos a 30% da $vVO_{2máx}$, enquanto outro grupo realizou pausa de natureza passiva. Não foi encontrado diferença na performance (força máxima, potência liberada e fadiga) entre os tipos de pausas, mesmo sendo encontrado maior remoção do lactato pela pausa ativa em comparação com a passiva. Em acordo com Bond et al. (1991), Toubekis et al. (2005) também encontraram maior remoção do lactato sanguíneo pela pausa ativa (120 s) após *sprints* de 25 metros na natação, com subsequente queda na performance.

Em acordo a estes estudos, vários pesquisadores tem apresentado melhora ou maior potencial de manutenção da performance por meio de pausas passivas (BANGSBO et al. 1994; DUPONT et al. 2003; LOPES, 2010). As pausas passivas parecem proporcionar maior recuperação dos principais substratos energéticos (PCr) entre os esforços máximos, na capacidade oxidativa e nos sistemas de regulação do pH e em parâmetros ventilatórios

(TOUBEKIS et al. 2005; LOPES, 2010), o que propicia aumento ou maior manutenção da performance de sucessivos esforços de alta intensidade. Entretanto, a magnitude de tais respostas metabólicas e adaptativas também se diferencia a partir da manipulação dos diferentes tempos de pausas passivas (ou seja, quanto maior a duração da pausa, maior manutenção da performance e taxa de ressíntese, e quanto menor a duração da pausa, maiores distúrbios fisiológicos e menor manutenção da performance).

Toubekis et al. (2005) demonstraram que a pausa passiva de longa duração (pausa de 120 s), realizada entre esforços máximos de 25 m na natação, possui maior capacidade de melhora e manutenção do desempenho quando comparada com a pausa passiva de curta duração (pausa de 45 s) e comparado com as pausas ativas de longa (120 s) e curta duração (45 s), devido a uma maior ressíntese de PCr durante a pausa passiva de longa duração, o que é fator determinante para a melhora do desempenho. Uma possível explicação para estas diferenças na performance entre pausa passiva e ativa, é porque durante pausas ativas a demanda energética é maior, o que causa diminuição da reoxigenação da oxiemoglobina e conseqüentemente um desequilíbrio entre demanda e suprimento de oxigênio, prejudicando a ressíntese da PCr que é dependente da via oxidativa (DUPONT et al. 1995).

Além dos parâmetros metabólicos e de performance, a literatura também tem apresentado vários trabalhos agudos que investigaram as influências das diferentes pausas no alcance do $VO_{2máx}$, no tempo gasto em altos percentuais de $VO_{2máx}$ e no $Tlim$ (BILLAT, 2001; ZAFEIRIDIS et al. 2010; THEVENET et al. 2007). A maioria de tais estudos, tem recomendado que a utilização de pausas ativas permite melhora no tempo para alcançar o $VO_{2máx}$ e no tempo de permanência a 90% e 95% do $VO_{2máx}$ em comparação a pausa passiva (BOGDANIS et al. 1996; MILLET et al. 2003; TARDIEU-BERGER et al. 2004). Millet et al. (2003) e Tardieu-Berger et al. (2004) utilizaram esforços na $vVO_{2máx}$ ou supra $vVO_{2máx}$ alternados com pausa ativa (50% da $vVO_{2máx}$), e apresentaram que a pausa ativa permite maior velocidade para alcançar o $VO_{2máx}$ (cinética do $VO_{2máx}$), justificado pelo $VO_{2máx}$ e $FC_{máx}$ permanecem em valores elevados durante a pausa (BOGDANIS et al. 1996), melhora no $Tlim$ (BILLAT, 2001), bem como no tempo gasto em altos percentuais de $VO_{2máx}$

($t_{90\% vVO_{2m\acute{a}x}} = 338$ segundos) (MILLET et al. 2003), ($t_{95\% vVO_{2m\acute{a}x}} = 178$ segundos) (TARDIEU-BERGER et al. 2004). Em contrapartida, Gorostiaga et al. (1991) apresentaram que 30 segundos na $vVO_{2m\acute{a}x}$ separados por pausa passiva não permitem que os sujeitos alcancem o $VO_{2m\acute{a}x}$.

Em contraste, alguns estudos não vão de encontro aos resultados citados. Dupont et al. (2003) compararam os efeitos de 15 segundos de esforço a 120% da máxima velocidade aeróbia (MAS) separados por pausa passiva e ativa (50% da MAS) no Tlim. O referido grupo de autores hipotetizaram que o Tlim seria maior com a utilização da pausa ativa em relação à passiva. No entanto, essa hipótese foi rejeitada, sendo que o Tlim foi significativamente maior com a utilização da pausa passiva. Uma possível explicação pode ser feita pela alta demanda energética durante a pausa ativa, enquanto que durante a pausa passiva parece haver maior ressíntese de PCr e disponibilidade de O_2 (DUPONT et al. 2003). Dupont et al. (2004) compararam os efeitos dos diferentes tipos de pausas no tempo gasto em altos percentuais de $VO_{2m\acute{a}x}$ durante esforços de 15 segundos a 120% da MAS. Foi sugerido que a pausa ativa poderia permitir maior tempo gasto em altos percentuais de $VO_{2m\acute{a}x}$. Contudo, os resultados apresentaram que o tempo gasto em altos percentuais de $VO_{2m\acute{a}x}$ não foram significativamente diferentes entre pausa ativa e passiva. Ao contrário disso, foi observado maior tempo limite na pausa passiva, bem como maior número de repetições realizadas, o que permite especular, que a pausa passiva possa promover maior qualidade na recuperação (DUPONT et al. 2004). De acordo com os estudos citados, Thevenet et al. (2007) investigaram 30 segundos de esforço a 105% da MAS separados por pausa passiva e ativa (50% da MAS), a partir da hipótese de que a pausa ativa permitiria maior velocidade na cinética do $VO_{2m\acute{a}x}$, e por consequência, no alcance de 90% e 95% do $VO_{2m\acute{a}x}$, além de maior tempo de permanência nestas intensidades. Os resultados não suportaram essa hipótese, sendo que o Tlim foi significativamente maior durante a pausa passiva em relação à ativa, assim como não houve alterações significativas entre as pausas no tempo gasto nestes percentuais (THEVENET et al. 2007).

A partir dos tópicos discutidos acima, está claro que diversos protocolos têm sido propostos com o objetivo de incremento no $VO_{2m\acute{a}x}$ e na capacidade

de sustentar altos percentuais de $VO_{2m\acute{a}x}$, devido seus fatores determinantes em provas de endurance e em diversas modalidades esportivas (BILLAT, 2001). No entanto, a literatura ainda não apresenta de maneira clara a melhor combinação das variáveis do treinamento que proporcione maior efetividade no incremento de tais parâmetros. A maioria dos estudos transversais que compararam os efeitos de diferentes pausas nos parâmetros metabólicos, de performance, no alcance do $VO_{2m\acute{a}x}$ e no tempo gasto em altos percentuais de $VO_{2m\acute{a}x}$ utilizaram TIC (90% - 140% da $vVO_{2m\acute{a}x}$; 15 s a 30s) (DUPONT et al. 2003; WAKEFIELD e GLAISTER, 2009), sendo que, para o nosso conhecimento, nenhum estudo investigou os efeitos de diferentes tempos e tipos de pausas separadas por esforços na $vVO_{2m\acute{a}x}$ até o $Tlim$ nestas variáveis.

3.0 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar e comparar os efeitos de diferentes tempos e tipos de pausas nos parâmetros cardiorrespiratórios, metabólicos e de performance.

3.2 Objetivos Específicos

- Mensurar e comparar os efeitos de diferentes tempos e tipos de pausas nos valores pico $VO_{2m\acute{a}x}$, VE, RER, FC e duração máxima do esforço ($Dm\acute{a}x$ em min) durante o exercício.
- Mensurar e comparar os efeitos de diferentes tempos e tipos de pausas na performance de 5 esforços máximos.
- Mensurar e comparar os efeitos de diferentes tempos e tipos de pausas no $Tlim$ (segundos).
- Mensurar e comparar os efeitos de diferentes tempos e tipos de pausas nas concentrações de lactato durante e após o exercício.

- Mensurar e comparar os efeitos de diferentes tempos e tipos de pausas nos valores médios de $VO_{2máx}$ durante o exercício.
- Mensurar e comparar os efeitos de diferentes tempos e tipos de pausas em altos percentuais de $VO_{2máx}$ (80, 85, 90 e 95%).

4.0 MÉTODOS

4.1 Casuística

Participaram do estudo 8 homens saudáveis, não fumantes e fisicamente ativos (idade $28.0 \pm 3,7$ anos; massa corpórea $75,0.3 \pm 10,51$ Kg; estatura $174,1 \pm 3.7$ m). Os critérios de inclusão para participação no presente estudo foram: a) ser classificado com baixo risco para eventos cardiovasculares de acordo com as diretrizes do Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM); b) ter no mínimo três meses de experiência em treinamento de *endurance*; c) estar livre de lesões que possam prejudicar o estudo; d) não fazer uso de suplementos nutricionais, recursos ergogênicos como esteróides anabólicos, ou medicamentos com potenciais efeitos sobre o desempenho físico. Todos os indivíduos foram devidamente informados sobre os procedimentos adotados na pesquisa e assinaram termo de consentimento livre e esclarecido. O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Piracicaba sob nº 523/2010 (FOP-UNICAMP).

4.2 Desenho Experimental

Todos os participantes visitaram o laboratório cinco vezes durante todo o período experimental. Na primeira visita, os participantes responderam a um questionário para a avaliação da saúde (CÉSAR et al., 2011) e realizaram teste incremental máximo em esteira ergométrica (ATL Inbrasport[®], Porto Alegre, Brasil) para a determinação dos limiares ventilatórios, $VO_{2máx}$ e $vVO_{2máx}$. Todos os participantes eram familiarizados com protocolos de TI. Em quatro dias

separados (5 – 7 dias), os participantes realizaram em ordem randomizada quatro sessões de HIT na $v\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ até o T_{lim} separadas por diferentes pausas. As pausas foram: Passiva Curta (PC), Passiva Longa (PL), Ativa Curta (AC) e Ativa Longa (AL). Todos os sujeitos foram orientados a manter dieta normal durante o período de estudo, sendo requisitado que mantivessem pelo menos uma hora de jejum antes do exercício, e que se abstivessem de exercícios físicos intensos por pelo menos 48 horas antes das sessões. Todas as sessões foram realizadas no mesmo horário do dia em relação à sessão de determinação dos limiares ventilatórios e $v\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$, e todos os procedimentos foram realizados pelos mesmos pesquisadores, a fim de evitar possíveis efeitos do ciclo circadiano e subseqüente alterações nos resultados. A figura 1 apresenta o desenho experimental do presente estudo.

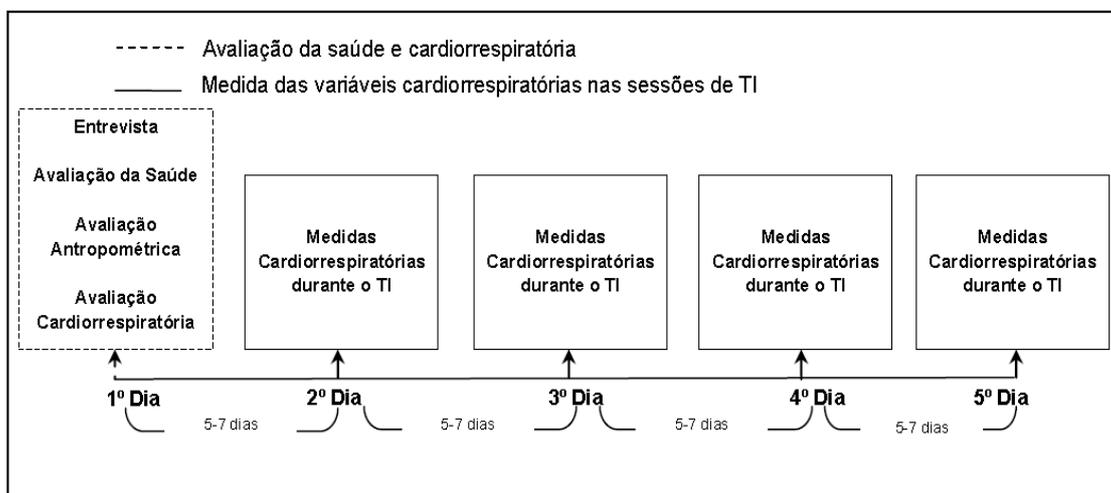


Figura 1 – Ilustra o desenho experimental dos procedimentos do estudo. TI – treinamento intervalado.

4.3 Avaliação Antropométrica

Mensurou-se a massa corpórea por meio de uma balança mecânica (Welmy®); a estatura foi medida com um estadiômetro (Altura exata®).

4.4 Teste Incremental Máximo

Os sujeitos realizaram o teste incremental máximo em uma esteira motorizada (ATL Inbrasport®, Porto Alegre, Brasil). A temperatura do laboratório foi controlada entre 22º e 24º. O protocolo começou com aquecimento de três minutos a 6 km/h, e após o aquecimento, a velocidade foi

aumentada para 7 km/h com incrementos de 0,3 km/h a cada 25 segundos sob inclinação fixa a 1% até exaustão voluntária. Os sujeitos foram encorajados verbalmente a atingirem a máxima intensidade de exercício possível. Após a exaustão, os sujeitos foram submetidos a um protocolo de recuperação de cinco minutos onde a cada minuto a velocidade foi diminuída a 60%, 55%, 50%, 45% e 40% da máxima velocidade alcançada para evitar desconfortos nos avaliados.

O consumo de oxigênio (VO_2), a produção de gás carbônico (VCO_2) e taxa de troca respiratória (R) foram mensurados respiração a respiração por meio do analisador de gases (VO2000 - Medical Graphics, St. Paul, MN, USA). Antes de cada teste foi realizada calibração automática do analisador de gases metabólicos. A frequência cardíaca (FC) foi continuamente mensurada pelo monitor cardíaco Polar® (RS800X, Finlândia). Consideramos o último estágio completado pelos sujeitos em cada teste para a determinação do $VO_{2m\acute{a}x}$, máxima velocidade atingida ($vVO_{2m\acute{a}x}$), máxima produção de gás carbônico ($VCO_{2m\acute{a}x}$), razão de troca respiratória máxima ($R_{m\acute{a}x}$) e FC máxima ($FC_{m\acute{a}x}$). O VO_{2max} , expresso em mL/kg/min, foi considerado a partir do maior valor de consumo de oxigênio observado durante o teste, atendendo a pelo menos dois dos seguintes critérios: a) manutenção ou aumento do consumo de oxigênio inferior a 2,1 mL/kg/min, mesmo com o aumento da carga de trabalho; 2) $R > 1,10$; 3) FC_{max} dentro do intervalo de + 5 bpm da frequência máxima predita pela idade; 4) percepção subjetiva de esforço máximo > 17 (DRUMMOND et al. 2005; CESAR et al. 2009). O L1 também foi expresso em mL/kg/min, no momento em que se observou a hiperventilação pulmonar, o aumento sistemático do R para o oxigênio e o aumento abrupto da razão de trocas gasosas (WASSERMAN et al.1999). Já o L2 foi verificado a partir da perda da linearidade entre VE e VCO_2 e expresso em mL/kg/min (WASSERMAN et al.1999).

4.5 Sessão de TI

Previamente ao início do exercício, os participantes em todas as sessões respeitaram 30 minutos de repouso em decúbito dorsal, a fim de

garantir um total estado estável (CUNHA et al., 2013). As sessões foram conduzidas de maneira randomizada e separadas por cinco a sete dias. Em cada teste foi realizado aquecimento padrão de três minutos de corrida em intensidade leve (abaixo do L1), com subsequente repouso passivo de 2 minutos antes do início da sessão de TI. Os participantes realizaram quatro protocolos de HIT, que consistiram de cinco esforços na $vVO_{2máx}$ até o Tlim, intercalados com diferentes pausas: PC (2 min); PL (8 min); AC (2 min); AL (8 min). As sessões com pausa passiva entre os esforços máximos permitiram os sujeitos permanecerem sentados em uma cadeira disposta em cima da esteira entre os esforços máximos. Por outro lado, durante as pausas ativas os sujeitos permaneceram em exercício entre os esforços máximos, sendo padronizado intensidade na vL1. A intensidade do esforço máximo foi estabelecida na $vVO_{2máx}$ em virtude de prévios trabalhos que apresentaram grande capacidade de gerar distúrbios metabólicos, neuromusculares e cardiorrespiratórias, além de ser um forte estímulo no incremento da potencia aeróbia e capacidade anaeróbia (BILLAT et al., 2001).

Para a determinação das respostas metabólicas durante o exercício, foram coletados amostras de lactato sanguíneo antes e imediatamente após cada um dos esforços máximos. Todas as coletas que antecederam um esforço subsequente foram realizadas no momento em que faltava 20 segundos para o esforço máximo, e todas as coletas pós esforço máximo foram realizadas imediatamente após a exaustão voluntária. Para a determinação das respostas metabólicas durante a recuperação, foi realizada uma cinética de remoção de lactato nos seguintes tempos: 3 min; 5 min; 10 min, 15 min; 20 min; 30 min, conforme representado na figura 2. Durante toda a sessão de TI, a FC foi continuamente mensurada pelo monitor cardíaco Polar® (RS800X, Finlândia).

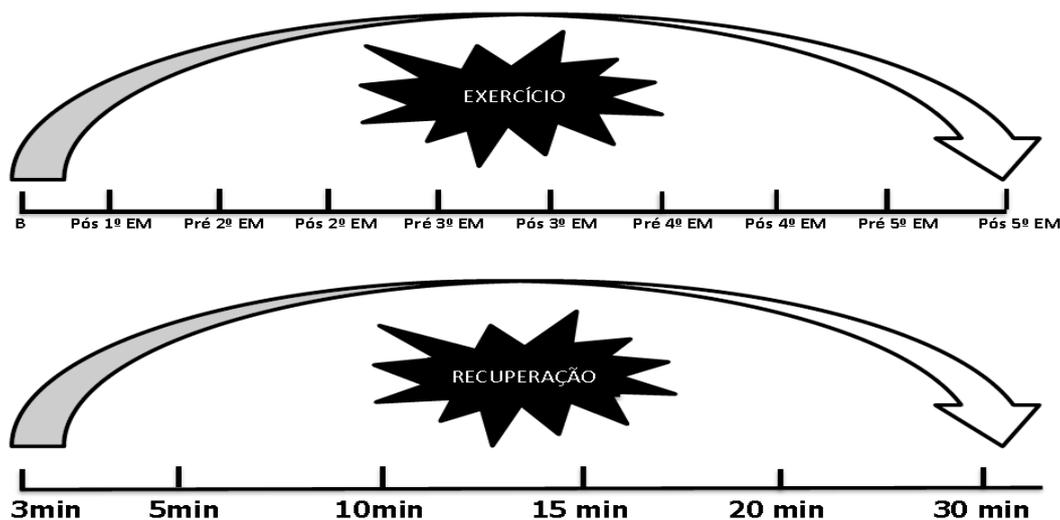


Figura 2 – Representa os momentos de coleta de lactato entre os esforços máximos e após o exercício. EM = Esforços máximos; min = minutos.

4.6 Análise do lactato sanguíneo

As amostras de sangue (25 ul) foram recolhidas a partir das pontas dos dedos em tubos capilares heparinizados e transferida para microtubos contendo 50 mL de fluoreto de sódio a 1%. A concentração de lactato foi analisada através de um método de electro-enzimática com um analisador de lactato (YSI 2300 Dados Analyzer, Yellow Springs Instruments, Yellow Springs, OH, EUA). As concentrações de lactato no sangue são expressos em mM.

4.7 Medidas e Cálculos

Nos quatro protocolos de TI, os cálculos de $VO_{2\text{pico}}$ e R foram baseados nos dados mensurados a cada 10 segundos. O Tlim corresponde à duração em segundos e em minutos da soma dos cinco esforços máximos. A distância máxima percorrida (DP) foi determinada pela multiplicação da $vVO_{2\text{máx}}$ (m/s) pelo Tlim (s) e expresso em metros. O tempo gasto acima de 80, 85, 90 e 95% foi determinado a partir dos valores de $VO_{2\text{máx}}$ mais elevados ou iguais do que os respectivos percentuais. O tempo gasto acima de 80, 85, 90 e 95% também foi determinado por meio de % do Tlim da sessão.

4.8 Análise Estatística

A normalidade e homogeneidade das variâncias foram acessadas pelo teste de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Os dados estão expressos em média e desvio padrão da média. ANOVA (1-way) com fator de correção medidas repetidas foi aplicada para comparar os cinco esforços máximos, o Tlim, as concentrações de lactato durante e após o exercício, os altos percentuais de $VO_{2máx}$ (80, 85, 90 e 95%), o valor médio de $VO_{2máx}$ durante o exercício e os valores pico de $VO_{2máx}$, R, FC e VE. O *post test* de Tukey foi aplicado para comparar médias replicadas pelas linhas quando necessário. A significância utilizada foi de 5%. Em adição, além das análises de comparação, foi calculado o tamanho do efeito (TE) para a performance, baseado nas descrições de Cohen (RHEA, 2004), com o objetivo de analisar a magnitude dos efeitos após a atividade condicionante, que podem ser benéficos, triviais ou prejudiciais. Os valores de referência para indivíduos fisicamente ativos são: < 0,35 trivial; 0,35 – 0,80 pequeno; 0,80 – 1,50 moderado e > 1,50 grande (RHEA, 2004)

5.0 RESULTADOS

5.1 Valores obtidos no teste incremental máximo.

A tabela 2 apresenta os resultados de $VO_{2\text{máx}}$, $vVO_{2\text{máx}}$, L2, L1 e $FC_{\text{máx}}$ obtidos no teste incremental máximo. Todos os sujeitos apresentaram aptidão cardiorrespiratória boa para o sexo e idade (AHA, 1972).

TABELA 1 – Apresenta os resultados do teste incremental máximo (n= 8).

$VO_{2\text{max}}$ (ml/kg/min)	49,51 ± 5,96
$VO_{2\text{max}}$ (L/min)	3,63 ± 0,54
$vVO_{2\text{max}}$ (km/h)	14,95 ± 1,66
FC_{max} (bpm)	184,13 ± 12,11
$VO_{2\text{L2}}$ (ml/kg/min)	42,31 ± 5,06
$VO_{2\text{L2}}$ (L/min)	3,20 ± 0,41
L2% $VO_{2\text{max}}$	85,80 ± 8,47
vL2 (km/h)	12,36 ± 1,52
FCL2 (bpm)	173,00 ± 15,79
$VO_{2\text{L1}}$ (ml/kg/min)	33,69 ± 5,01
$VO_{2\text{L1}}$ (L/min)	2,53 ± 0,32
L1% $VO_{2\text{max}}$	67,88 ± 3,91
vL1 (km/h)	10,08 ± 1,47
FCL1 (bpm)	153,38 ± 22,11

$VO_{2\text{max}}$ – Consumo máximo de oxigênio; $vVO_{2\text{max}}$ – velocidade do consumo máximo de oxigênio; FC_{max} – Frequência cardíaca máxima; $VO_{2\text{L2}}$ – Consumo de oxigênio no ponto de compensação respiratório; L2% $VO_{2\text{max}}$ - % em que acontece o ponto de compensação respiratório em relação ao $VO_{2\text{max}}$; vL2 – velocidade do ponto de compensação respiratório; FCL2 - Frequência cardíaca do ponto de compensação respiratório; $VO_{2\text{L1}}$ – Consumo de oxigênio no limiar ventilatório; L1% $VO_{2\text{max}}$ - % em que acontece o limiar ventilatório em relação ao $VO_{2\text{max}}$; vL1 – velocidade do limiar ventilatório; FCL1 - Frequência cardíaca do limiar ventilatório.

5.2 Comparação dos maiores valores (VO₂, VE, R, FC e D_{máx}) obtidos ao longo dos quatro protocolos de TI com diferentes pausas.

A tabela 2 apresenta em média e desvio padrão os maiores valores de VO₂, VE, R, FC e duração máxima (D_{máx}/min) obtidos ao longo dos cinco esforços máximos (EM) para todas as pausas. Não foi encontrado diferença significativa nos valores de VO_{2pico} e VE em nenhuma das pausas. Foram encontradas alterações significantes nos valores de R entre PC x PL; PC x AC; PC x AL ($P < 0,01$), e entre PL x AL ($P < 0,05$) respectivamente. Na FC foi encontrada alteração significativa entre AC x PC ($P < 0,05$); AC x PL ($P < 0,01$) e AL x PL ($P < 0,01$). Em adição, também foi verificado alteração significativa na duração (min) total das sessões entre PC x AC; PC x AL ($P < 0,05$); (PL x AC; PL x AL ($P < 0,01$), respectivamente) e sem diferença entre PL x PC e AC x AL ($P > 0,05$).

TABELA 2 – Representa em média (desvio padrão) os maiores valores de variáveis cardiorrespiratórias e de performance nos cinco EM alternados com diferentes tempos e tipos de pausas.

Variáveis	Passiva Curta	Passiva Longa	Ativa Curta	Ativa Longa
VO ₂ (mL Kg ⁻¹ min ⁻¹)	48,8 ± 7,7	48,2 ± 8,0	47,6 ± 9,3	48,1 ± 8,9
VE (L min ⁻¹)	111,7 ± 9,6	109,1 ± 14,5	107,4 ± 18,4	108,0 ± 17,8
R	1,6 ± 0,1*	1,3 ± 0,2#	1,2 ± 0,1	1,1 ± 0,1
FC (bpm)	177,1 ± 4,0	174,0 ± 8,0	184,0 ± 5,7\$	182,0 ± 2,1†
Duração (min)	12,9 ± 1,7‡	15,6 ± 3,6£	9,6 ± 2,0	8,8 ± 2,0

Valores em média (desvio padrão); EM = Esforços Máximos; * = $P < 0,01$ x respectivo valor PL; AC e AL. # = $P < 0,05$ x respectivo valor de AL. \$ = $P < 0,05$ x respectivo valor de PC; $P < 0,01$ respectivo valor de PL. † = $P < 0,05$ x respectivo valor de PL. ‡ = $P < 0,05$ x respectivo valor de AC e AL. £ = $P < 0,01$ respectivo valor de AC e AL.

5.3 Efeito dos diferentes tempos e tipos de pausas no TI em parâmetros de performance.

A figura 3 apresenta as influências entre e intra pausas nos parâmetros de performance. Não foram encontradas alterações significantes entre as pausas: PC x PL, AC x AL, PC x AC nos cinco EM ($P>0,05$, respectivamente). Foram encontradas alterações significantes entre as pausas PL x AC no 2º, 3º, 4º e 5º EM ($P<0,01$), respectivamente; entre as pausas PL x AL no 2º, 3º, 4º e 5º EM ($P<0,01$), respectivamente; e entre as pausas PC x AL somente no 4º EM ($P<0,05$). Quando comparado os EM intra pausas, não foram encontradas alterações significantes ao longo dos cinco EM na PL ($P>0,05$). Por outro lado, foram verificadas alterações na PC, AC e AL 1º EM x 2º, 3º, 4º e 5º EM ($P<0,01$), respectivamente.

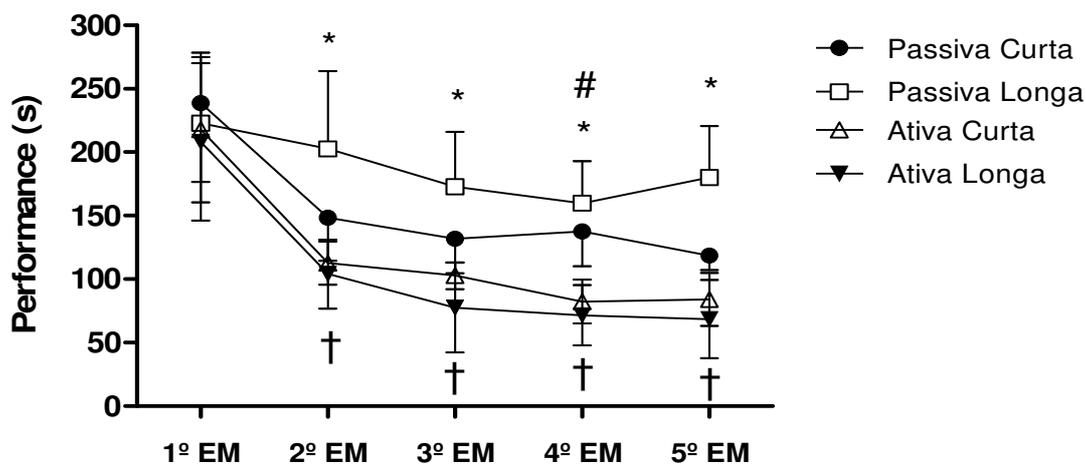


FIGURA 3 – Tempo em segundos para completar cada EM até o Tlim; * = Relação entre os EM de PL x AC e AL ($P<0,01$), respectivamente; # = Relação entre o 4º EM de PC x AL ($P<0,05$); † = Relação entre o 1º EM x 2º, 3º, 4º e 5º EM da PC, AC e AL ($P<0,01$), respectivamente.

A tabela 3 apresenta os valores em média (desvio padrão) do tempo (seg.) dos EM e a comparação entre esforços por meio de valores do efeito do tamanho (ET). Baseado nas descrições de Cohen (RHEA, 2004) para sujeitos fisicamente ativos, foi encontrado efeito trivial e pequeno ao longo dos EM na PL. Esses resultados se reproduzem na PC, exceto entre o 1º e 2º EM que foi encontrado efeito moderado. Na AC foi encontrado um grande efeito entre o 1º EM x 2º EM e entre o 3º EM e 4º EM. Na pausa AL foi encontrado efeito grande entre 1º EM x 2º EM e efeito moderado entre 2º EM x 3º EM.

TABELA 3 – Valores da performance (seg) dos cinco EM em média e desvio padrão da média e os valores do tamanho do efeito (TE) entre os EM.

TAMANHO DO EFEITO ENTRE ESFORÇOS MÁXIMOS					
	1º EM	2º EM	3º EM	4º EM	5º EM
PC	238,6 ± 61,9	148,4 ± 33,6	131,9 ± 27,3	137,5 ± 27,5	118,6 ± 11,4
	1º EM X 2º EM	2º EM X 3º EM	3º EM X 4º EM	4º EM X 5º EM	
TE	1,45	0,49	0,20	0,68	
	1º EM	2º EM	3º EM	4º EM	5º EM
PL	222,9 ± 55,5	202,5 ± 61,4	172,9 ± 43,4	159,9 ± 33,0	180,1 ± 40,5
	1º EM X 2º EM	2º EM X 3º EM	3º EM X 4º EM	4º EM X 5º EM	
TE	0,36	0,58	0,29	0,61	
	1º EM	2º EM	3º EM	4º EM	5º EM
AC	217,8 ± 57,1	112,6 ± 17,0	102,8 ± 10,7	82,4 ± 17,3	84,0 ± 20,9
	1º EM X 2º EM	2º EM X 3º EM	3º EM X 4º EM	4º EM X 5º EM	
TE	1,84	0,57	1,90	0,09	
	1º EM	2º EM	3º EM	4º EM	5º EM
AL	208,1 ± 61,9	104,0 ± 27,1	77,6 ± 35,2	71,6 ± 23,7	68,2 ± 30,9
	1º EM X 2º EM	2º EM X 3º EM	3º EM X 4º EM	4º EM X 5º EM	
TE	1,68	0,97	0,17	0,14	

EM= Esforço máximo; TE= Tamanho do Efeito; 1ºEM= primeiro esforço máximo; 2º EM= segundo esforço máximo; 3º EM= terceiro esforço máximo; 4º EM = quarto esforço máximo; 5º EM = quinto esforço máximo.

A figura 4 representa os valores de Tlim (seg) e distância máxima percorrida (m) (DP) correspondente à média da soma dos cinco EM com diferentes tempos e tipos de pausas. Foram verificadas alterações no Tlim entre PC x AC ($P<0,05$); PC x AL ($P<0,05$); PL x AC ($P<0,01$) e PL x AL ($P<0,01$), respectivamente. Não foram verificadas diferenças entre PC x PL; AC x AL ($P<0,05$), respectivamente. Os resultados do Tlim se reproduzem na distância percorrida, onde foi verificada alterações entre PC x AC ($P<0,05$); PC x AL ($P<0,05$); PL x AC ($P<0,01$) e PL x AL ($P<0,01$), respectivamente. Não foram verificadas diferenças entre PC x PL; AC x AL ($P<0,05$), respectivamente.

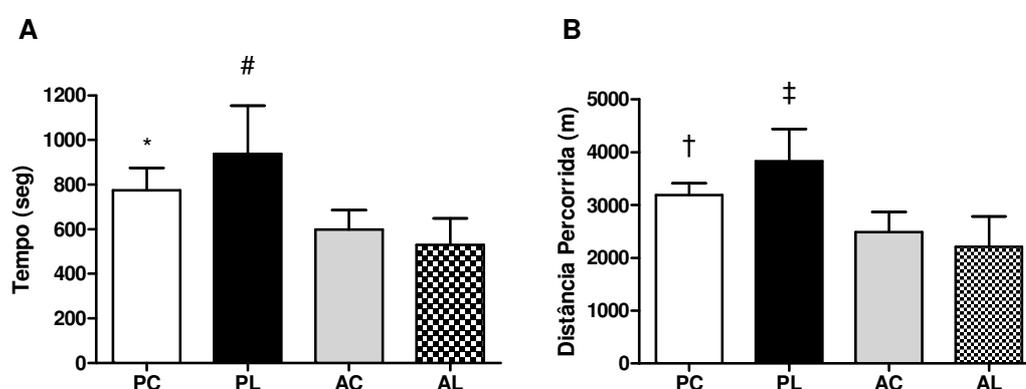


FIGURA 4 – Representa a comparação entre pausas do Tlim em segundos e distância percorrida em metros referente à soma dos cinco EM. * = Relação entre PC x AC; PC x AL ($P<0,05$), respectivamente. # = Relação entre PL x AC; PL x AL ($P<0,01$), respectivamente. † = Relação entre PC x AC; PC x AL ($P<0,05$), respectivamente. ‡ = Relação entre PL x AC; PL x AL ($P<0,01$), respectivamente.

A tabela 4 mostra a comparação entre pausas pelo ET dos valores médios de Tlim e DP. No Tlim e na DP foi verificado efeito grande em todas as comparações, exceto na comparação entre AC x AL que apresentaram efeito moderado.

TABELA 4 – O TE dos valores médios de Tlim e DP.

VARIÁVEIS	PCxAC	PLxAL	PCxPL	ACxAL	PL X AC	PC X AL
TE – Tlim	1,77	1,87	1,64	0,80	1,56	2,47
TE – DP	3,14	2,67	2,86	0,71	2,67	4,36

TE= Tamanho do Efeito; Tlim = Tempo limite; DP= Distância Percorrida; PC = Passiva curta; PL = Passiva longa; AC = Ativa curta; AL = Ativa longa.

5.4 Caracterização metabólica durante e após o TI com diferentes pausas.

A figura 5 mostra as concentrações de lactato antes e após cada EM e durante o período de recuperação ao longo de 30 minutos após a sessão de TI com diferentes pausas. Não foram observadas alterações significantes nas concentrações entre nenhuma das pausas durante e após o TI ($P>0,05$). Somente a pausa AC não apresentou alterações significantes nas concentrações entre o valor basal x 2ª EM ($P>0,05$). Todas as pausas apresentaram alterações significantes nas concentrações de lactato durante o período de exercício em relação aos respectivos valores de repouso ($P<0,05$). Contudo, a PC e PL apresentaram alterações significantes até o tempo de 15 e 20 minutos respectivamente durante a cinética de remoção de lactato (período de recuperação), e sem diferença significativa no tempo de 20 e 30 minutos respectivamente em relação aos valores de repouso. A pausa AC apresentou alterações significantes até o tempo de 10 minutos durante a cinética, não apresentando diferenças a partir do tempo de 20 e 30 minutos. A AL apresentou alteração significativa somente até o tempo de 5 minutos durante a cinética, não apresentando alterações a partir do tempo de 10 minutos durante a cinética de remoção. Em adição, o valor pico das concentrações de lactato nas diferentes pausas não apresentaram alterações significantes ($P>0,05$), sendo as médias (desvio padrão) $11,5 \pm 3,4$ mmol/L; $10,7 \pm 2,0$ mmol/L; $12,1 \pm 3,8$ mmol/L; $11,1 \pm 4,8$ mmol/L para PC, PL, AC e AL, respectivamente. Entretanto, foi verificada diferença estatística no valor delta (Δ mmol/L) do lactato entre AL x PC ($99,6 \pm 32,4$ x $129,5 \pm 28,9$, respectivamente; diferença percentual de 23,03%; $P>0,05$); e entre AC x AL ($128,4 \pm 37,5$ x $99,6 \pm 32,4$, respectivamente; diferença percentual de 22,43%; $P>0,05$), conforme mostra a figura 6.

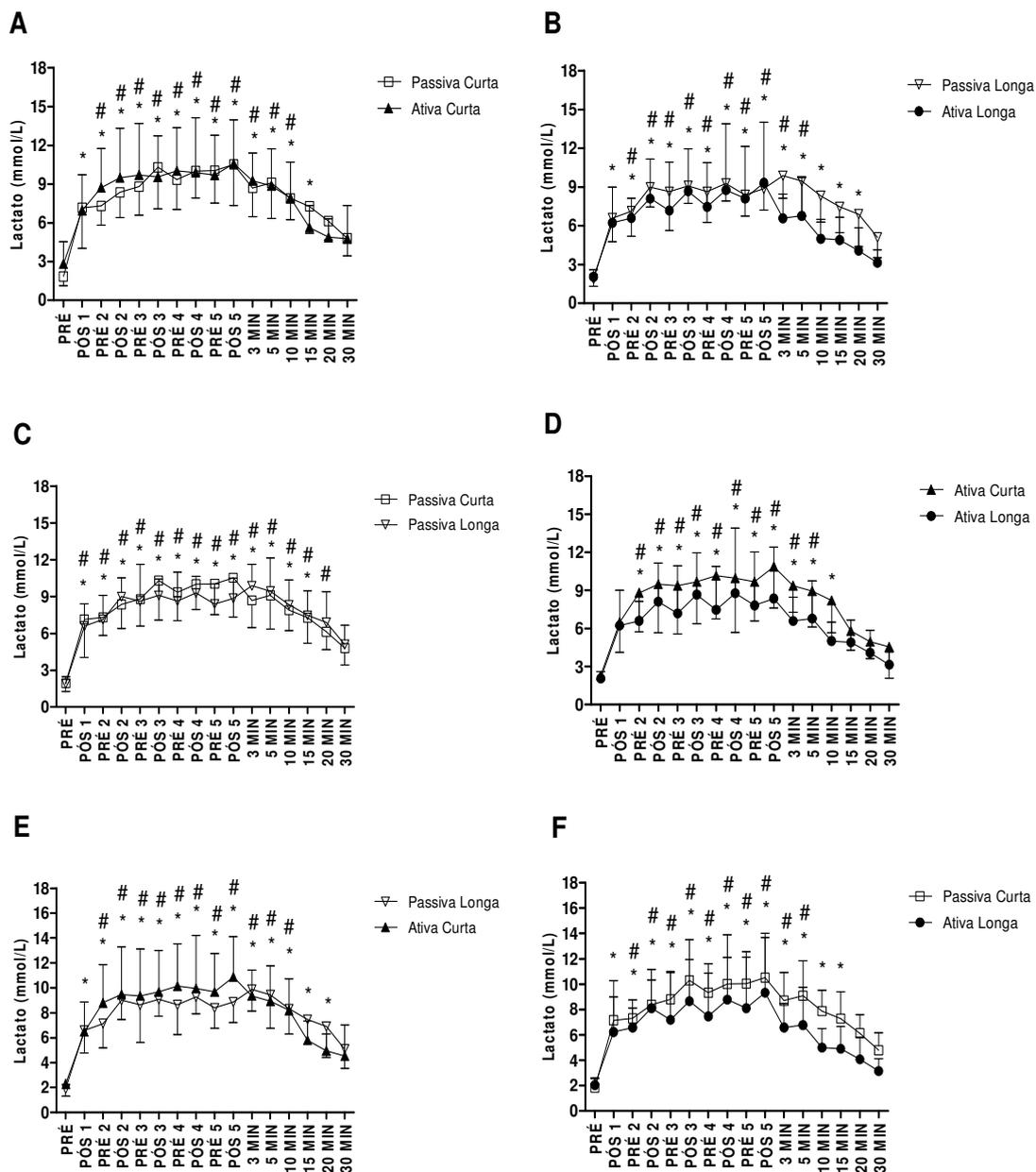


Figura 5 – Comparação metabólica durante e após o TI entre e intra diferentes pausas. Não foram observadas alterações significantes entre as pausas ($P>0,05$). */# = Representa alteração significativa intra pausas em relação ao seus respectivos valores de repouso ($P<0,05$).

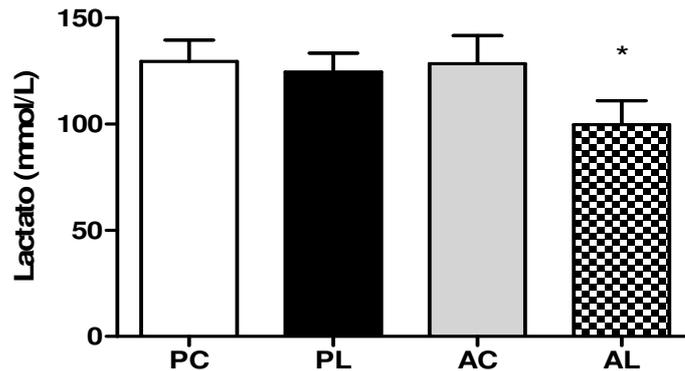


Figura 6 – Comparação metabólica do valor Δ entre diferentes tempos e tipos de pausas. *= Representa alteração significativa entre as pausas AL x PC e AL x AC (23,03% e 22,43% respectivamente; $P < 0,05$), respectivamente.

5.5 – Efeito de diferentes tempos e tipos de pausas no VO_2 e nos tempos gastos acima de 80, 85, 90 e 95% do $VO_{2m\acute{a}x}$.

A figura 7 apresenta a média dos valores de VO_2 durante o TI e o tempo total de exercício em minutos com diferentes tempos e tipos de pausas. Foi observada alteração significativa entre PL ($48,2 \pm 8,0 \text{ mL Kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$) x PC ($48,8 \pm 7,7 \text{ mL Kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$) ($P < 0,05$). Não foram observadas alterações entre as pausas curtas e entre passivas e ativas ($P > 0,05$). Em adição, a figura também apresenta o tempo total de exercício em minutos dos diferentes tempos e tipos de pausas. As pausas PC e PL apresentaram alterações significativas com as duas pausas ativas ($P < 0,05$; $P < 0,01$, respectivamente).

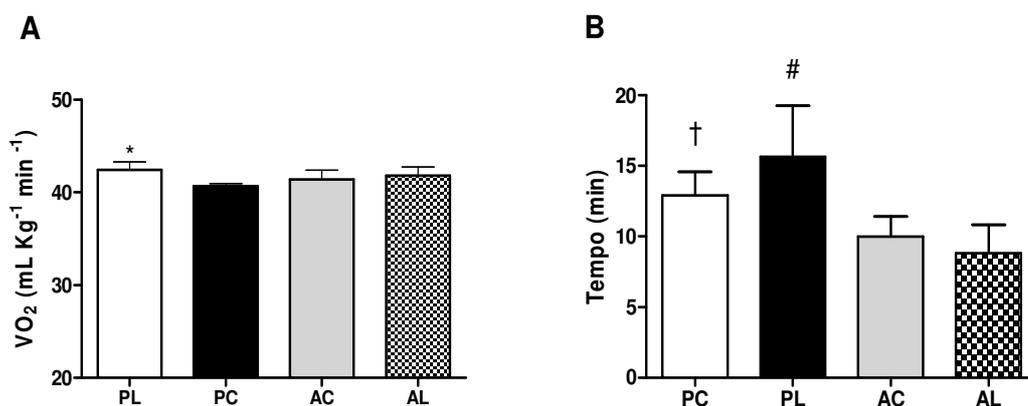


Figura 7 – Comparação da média do VO_2 e o tempo total (min) em exercício durante o TI com diferentes tempos e tipos de pausas. *= Relação entre PL x PC ($P < 0,05$); †= Relação entre PC x AC e PC x AL ($P < 0,05$, respectivamente); #= Relação entre PL x AC e PL x AL ($P < 0,05$, respectivamente).

Na figura 8 encontra-se as comparações dos diferentes tempos e tipos de pausas entre os EM nos tempos gastos acima de 80, 85, 90 e 95% do $VO_{2m\acute{a}x}$. Não foram encontradas alterações significativas em nenhum dos percentuais investigados na comparação entre pausas ($P>0,05$).

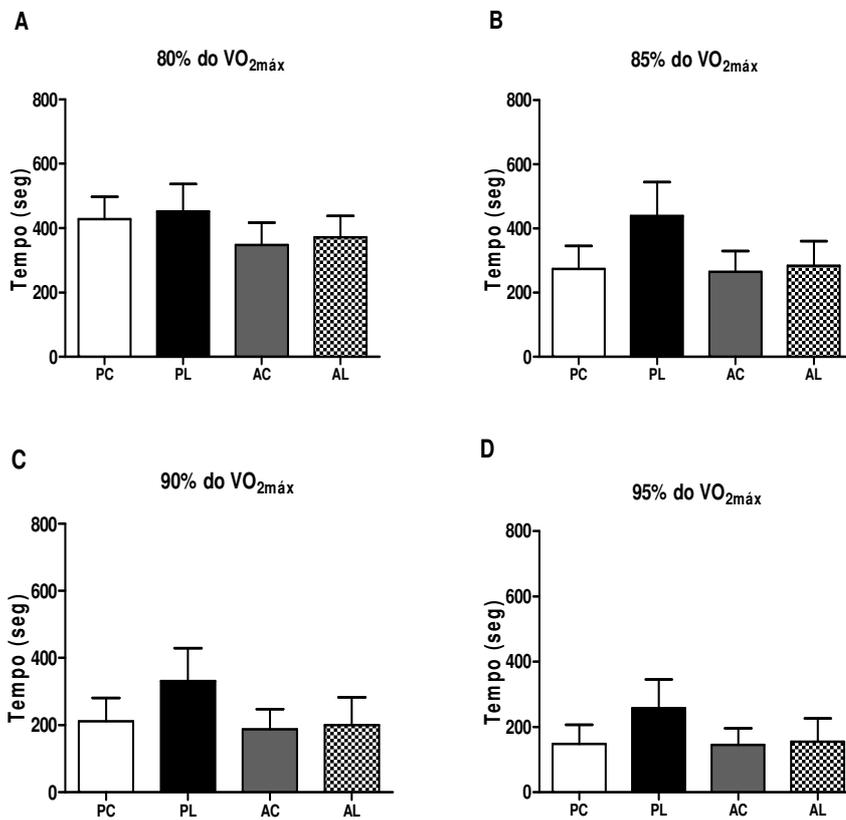


Figura 8 – Efeitos de diferentes tempos e tipos de pausas na permanência de altos percentuais de $VO_{2m\acute{a}x}$. Não foram encontradas alterações significativas na comparação entre pausas ($P>0,05$).

6 – DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi avaliar e comparar as influências de quatro diferentes tempos e tipos de pausas no TI em parâmetros cardiorrespiratórios, metabólicos e de performance. A escolha da intensidade dos esforços foi baseada em prévios estudos que reportaram incremento no $VO_{2máx}$, na performance de *endurance* e no alcance e manutenção de altos percentuais de $VO_{2máx}$ (80-95%) (BILLAT, 2001; MILLET et al. 2003). Em adição, a manipulação das pausas também foram baseadas em estudos que apresentaram suas influências na performance (T_{lim} , DP), no alcance de altos percentuais de $VO_{2máx}$ e na remoção do lactato (BONEN e BELCASTRO, 1976; GUPTA et al. 1996; TAOUTAOU et al. 1996; DORADO et al. 2004).

Os estudos que investigaram tais respostas agudas nestes parâmetros utilizaram esforços curtos com durações fixas (DUPONT et al. 2003; DUPONT e BERTHOIN, 2004), sendo que para o nosso conhecimento, até o presente momento nenhum estudo buscou investigar as respostas agudas de diferentes tempos e tipos de pausas nos parâmetros cardiorrespiratórios, metabólicos e de performance por meio do TI com esforços na $vVO_{2máx}$ até o T_{lim} .

Nos parâmetros de performance, os principais achados do presente estudo foram que na comparação intra pausas, a PL não apresentou alteração significativa ao longo dos cinco EM ($P>0,05$; TE trivial e pequeno= $<0,80$), enquanto que todas as outras pausas (PC, AC e AL) apresentaram diminuição significativa na performance ao longo dos cinco EM ($P>0,01$), com valores de TE trivial e pequeno para a PC ($<0,80$) e para a AC e AL efeito moderado (0,80-1,50) e grande ($>1,50$). Os resultados indicam claramente que os diferentes tempos e tipos de pausas influenciaram diretamente na manutenção do esforço (T_{lim}), em especial quando realizada de maneira ativa independente do tempo da pausa ou com curtos períodos de recuperação passiva. Na comparação entre pausas, foram encontradas alterações significantes entre as pausas PL x AC e PL x AL ($P<0,01$), respectivamente. A pausa PC apresentou alteração significativa em relação a AL apenas no 4º EM, enquanto que não foram encontradas alterações entre pausas passivas e entre pausas ativas ($P>0,05$).

Alguns estudos tem reportado maior eficiência na performance com a utilização de pausas ativas, possivelmente a partir de uma melhor regulação dos mecanismos de tamponamento por meio de um maior trabalho mitocondrial (BONEN e BELCASTRO, 1976; GUPTA et al. 1996; TAOUTAOU et al. 1996; DORADO et al. 2004). Contudo, tais estudos não suportam os achados do presente estudo, que sugerem maior efetividade da performance a partir da utilização de pausas passivas, devido a uma maior capacidade de reestruturação dos principais substratos energéticos, na capacidade oxidativa e nos sistemas de regulação do pH (TOUBEKIS et al. 2005; LOPES, 2010).

Toubekis et al. (2005) compararam diferentes tempos (45s e 120 s) e tipos de pausas (ativa x passiva) em esforços supramáximos de curta duração (8x25m) na natação. Os resultados apresentaram que a recuperação passiva promoveu maior manutenção da performance ao longo dos *sprints*, enquanto que as duas pausas ativas apresentaram aumento significativo no tempo para completar os repetidos *sprints*. Com estes resultados o autor defende a utilização de pausas passivas entre esforços no TI em função da sua capacidade de ressíntese de PCr, restauração do pH e das propriedades sinápticas.

Outro parâmetro de predição da performance e prescrição de treinamento para atletas de endurance é o Tlim e a distância percorrida (BILLAT, 2001). Os resultados do Tlim do presente estudo indicam que as duas pausas passivas foram superiores às ativas. A PC ($775,0 \pm 99,1s$) e PL ($938,3 \pm 217,3s$) apresentaram alterações significantes com as duas pausas ativas (AC = $599,5 \pm 86,5s$; AL = $530,0 \pm 119,5s$, respectivamente) ($P < 0,05$; $P < 0,01$, respectivamente). Em adição, os resultados do Tlim se reproduzem na distância percorrida, onde foram verificadas as mesmas alterações significantes. A PC ($3185 \pm 224,1m$) e PL ($3827,6 \pm 606,5m$) apresentaram alterações significantes com as duas ativas (AC = $2481,3 \pm 384,6m$; AL = $2206,1 \pm 574,1m$, respectivamente) ($P < 0,05$; $P < 0,01$, respectivamente).

Tais achados estão de acordo com resultados prévios encontrados na literatura (DUPONT et al. 2003; DUPONT e BERTHOIN, 2004; THEVENET et al. 2007). Dupont et al. (2004), utilizaram sujeitos fisicamente ativos e esforços

na $vVO_{2m\acute{a}x}$, e demonstraram maior $Tlim$ pela pausa passiva ($962 \pm 514s$) em relação à ativa realizada a 40% da $vVO_{2m\acute{a}x}$ (427 ± 118) entre esforços de 15 segundos separados por 15 segundos de pausa. Um dos possíveis mecanismos envolvidos nesta superioridade da pausa passiva em relação à ativa é uma menor saturação da oxihemoglobina, maior oferta de O_2 e melhor ressíntese de PCr durante a recuperação passiva, que são fatores determinantes na performance do TI (DUPONT e BERTHOIN, 2004). A combinação desses resultados se torna muito importante na prescrição e na periodização do treinamento de atletas amadores e de elite, visto que o $Tlim$ e distância percorrida em altas intensidades são fatores determinantes no incremento do $VO_{2m\acute{a}x}$ (BILLAT, 2001).

No tocante as respostas metabólicas, o presente estudo avaliou o comportamento metabólico do TI com diferentes pausas após a sessão de exercício (período de recuperação; cinética de remoção de lactato), e também durante cada EM (período de exercício). Embora os conceitos de causa e efeito do lactato e performance tenham sido contestados pelos estudos de Robergs (ROBERGS, 2001; ROBERGS et al. 2004), ainda é fortemente discutido as influências de grandes concentrações de lactato, acidose e fadiga periférica e subsequente diminuição na performance. A literatura tem sugerido que as pausas ativas realizadas entre 30 a 60% da $vVO_{2m\acute{a}x}$ possuem maior capacidade de remoção do lactato, e, por conseguinte, menor fadiga periférica e manutenção da performance (BONEN e BELCASTRO, 1976; GUPTA et al. 1996; TAOUTAOU et al. 1996; DORADO et al. 2004). A partir disso, diversos estudos passaram a hipotetizar que a utilização de pausas ativas seria determinante na melhora ou manutenção da performance de subsequentes EM (DUPONT e BERTHOIN, 2004; THEVENET et al. 2007).

A intensidade da pausa ativa realizada no presente estudo atingiu 68% da $vVO_{2m\acute{a}x}$ em relação ao nível de aptidão física dos sujeitos do presente estudo. Embora tenha ultrapassado o recomendado, tal percentual representa o exercício realizado na $vL1$, ponto em que ocorre maior predomínio de utilização de ácidos graxos para a síntese de energia, maior trabalho mitocondrial e, por consequência, menor utilização da via glicolítica (LOURENÇO et al. 2007).

Os resultados não apresentaram alterações significantes na comparação entre nenhuma das pausas ($P>0,05$) e também nos valores pico (PC= $11,5 \pm 3,4$ mmol/L; PL= $10,7 \pm 2,0$ mmol/L; AC= $12,1 \pm 3,8$ mmol/L; AL= $11,1 \pm 4,8$ mmol/L) ($P>0,05$). Foram encontradas alterações significantes nas comparações intra pausas entre os valores basais e ao longo do respectivo período de exercício e recuperação de cada pausa. Foram verificadas alterações significantes na PC até 15 minutos após a sessão de TI durante o período de recuperação, enquanto que na PL foi verificado até 20 minutos. Por outro lado, a AC apresentou alteração significativa até 10 minutos e a AL até 5 minutos após a sessão de TI. Em adição, foram verificadas alterações entre pausas nos valores totais de lactato (Δ), sendo as alterações entre AL x PC ($99,6 \pm 32,4$ x $129,5 \pm 28,9$, respectivamente; diferença percentual de 23,03%; $P>0,05$); e entre AC x AL ($128,4 \pm 37,5$ x $99,6 \pm 32,4$, respectivamente; diferença percentual de 22,43%; $P>0,05$). Uma possível explicação para o comportamento metabólico apresentado na figura 5 pode ser de que a utilização de pausas ativas possa promover maior trabalho aeróbio e mitocondrial (fosforilação oxidativa), que resulta em menor acúmulo de lactato por meio de uma maior eficiência dos transportadores de monocarboxilato (MCT's) nas mitocôndrias (MCT1) e na remoção do músculo para o sangue (BILLAT et al. 2000, DUPONT e BERTHOIN, 2004).

Embora a pausa ativa possa influenciar na rápida oxidação do lactato, não obrigatoriamente possa resultar na melhora ou manutenção da performance (TOUBEKIS et al. 2005). Vários experimentos vêm mostrando que uma grande concentração de lactato indicaria somente uma determinada magnitude de produção de ATP via metabolismo anaeróbio láctico (BROOKS, 2007), sem reduções concomitantes dos níveis de força e performance (MACEDO et al. 2009), além disso grandes concentrações de lactato muscular estimulam sua remoção via MCT4 (BROOKS et al. 1996; BILLAT, 2001).

As concentrações de lactato nos quatro protocolos indicam que a contribuição glicolítica na produção de energia foi grande, entretanto, não apresentaram alterações significantes nas concentrações de lactato em comparação entre pausas. Porém, foi observado que as pausas passivas são mais responsivas à manutenção da performance em relação às ativas, e, por

consequente, sugere que não existe relação de causa e efeito do lactato e performance. Estes resultados corroboram com o estudo de Bogdanis et al. (1996), que não encontraram relação de causa e efeito entre lactato e performance com diferentes pausas durante esforços máximos de 30 segundos. Outro estudo mais recente, Toubekis et al. (2004) já mencionado, também evidenciaram que as pausas passivas embora tenham exibido maior concentração de lactato ao longo de sprints repetidos na natação, apresentaram maior manutenção da performance dos esforços.

Bret et al. (2003) investigaram a capacidade de remoção do lactato e a relação com a performance em corredores de elite com diferentes especialidades, o que requer características metabólicas específicas. Foram avaliados 34 corredores de alto nível (corredores de curta distância e de média distância), divididos em dois grupos de acordo com suas especialidades (100-400m/800-1500m). Todos realizaram um minuto de corrida a 25,2 km/h seguida por uma recuperação passiva de 90 minutos com o objetivo de analisar a curva de remoção de lactato. Os corredores de média distância exibiram maior capacidade de remoção do lactato em comparação aos corredores de curta distância, o que reflete comportamento metabólico específico. Os corredores que apresentaram maior performance foram os corredores com maior capacidade de remoção do lactato. A partir disso, pode se especular que as respostas metabólicas são diferentes para atletas de elite e sujeitos fisicamente ativos, e possivelmente para indivíduos sedentários (BRET et al. 2003). Essas diferenças podem estar ligadas ao conteúdo e eficiência de proteínas envolvidas na regulação do pH e remoção do lactato. Importante lembrar, que os resultados metabólicos obtidos no presente estudo referenciam-se para os sujeitos fisicamente ativos.

Está bem estabelecido na literatura que o TI em intensidades máximas e/ou supra máximas possui capacidade de atingir altos percentuais de $VO_{2máx}$, o que é fator determinante nas respostas adaptativas (BILLAT, 2001). Contudo, a literatura sugere também que o incremento do $VO_{2máx}$ em atletas de *endurance* pode ser induzido pelo tempo gasto em altos percentuais de $VO_{2máx}$ (80, 85, 90 e 95%) (BILLAT, 2001; MIDGLEY E MC NAUGHTON, 2006; MIDGLEY et al. 2006). A partir disso, vários autores têm proposto treinamentos

por meio do tempo de permanência nestes percentuais (HILL e ROWELL. 1997; HILL et al.1997; BILLAT et al. 1999; 2000: 2001; DUPONT et al. 2002; MILLET et al. 2003). No entanto, além da intensidade do esforço, a manipulação da pausa também parece influenciar no tempo para alcançar e na manutenção de altos percentuais de $VO_{2m\acute{a}x}$.

Estudos prévios indicam que a recuperação ativa possui maior capacidade de permitir alcance e manutenção de altos percentuais de $VO_{2m\acute{a}x}$ (DUPONT et al. 2003; DUPONT e BERTHOIN, 2004), em virtude da sua rápida cinética de O_2 entre subseqüentes esforços (BOGDANIS et al. 1996). Midgley e Mc Naughton (2006) sugerem que para o alcance e maior tempo gasto em percentuais próximos ao $VO_{2m\acute{a}x}$ é necessário a utilização de esforços e recuperações ativas de 15 a 30 segundos em intensidades variando entre 90 a 105% da $vVO_{2m\acute{a}x}$, o que é comumente praticado por atletas de *endurance*. Em adição, Gorostiaga et al. (2001) apresentaram que a pausa passiva entre esforços na $vVO_{2m\acute{a}x}$ não permite o alcance de altos percentuais.

Por outro lado, Dupont et al. (2003), apresentaram que a recuperação passiva de 15 segundos entre subseqüentes esforços de 15 segundos a 120% da $vVO_{2m\acute{a}x}$ permite o alcance de altos percentuais de $VO_{2m\acute{a}x}$, bem como melhora no Tlim, o que pode ser explicado pela capacidade de manutenção prolongada do exercício pela pausa passiva, resultando em maior tempo de estímulo em alta intensidade. Logo em seguida, Dupont e Berthoin (2004) observaram influência da pausa passiva nos parâmetros de performance em relação às ativas, e sem diferença no tempo gasto a 90% da $vVO_{2m\acute{a}x}$ durante 15 segundos de esforço a 120% da $vVO_{2m\acute{a}x}$ separados por diferentes tipos de pausas.

Os resultados do presente estudo não estão de acordo a estes estudos prévios. Embora os quatro protocolos tenham permitido o alcance de altos percentuais de $VO_{2m\acute{a}x}$, não foram verificadas alterações significantes no tempo gasto na comparação entre pausas em nenhum dos percentuais de $VO_{2m\acute{a}x}$ investigados ($P>0,05$). Uma possível explicação pode estar nas diferentes metodologias utilizadas para determinar as influências de diferentes tempos e tipos de pausas no alcance e manutenção de tais percentuais. A literatura tem apresentado vários estudos que utilizaram esforços curtos e com durações fixas enquanto que o presente estudo realizou esforços até o Tlim. Em adição,

os indivíduos do presente estudo são fisicamente ativos, ao contrário de indivíduos treinados ou corredores de elite, que possuem maior potência aeróbia e capacidade anaeróbia, assim como melhor T_{lim} , e, por conseguinte, maior possibilidade de permanência em altos percentuais de $VO_{2máx}$.

7 – CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente estudo indicam que as pausas passivas, em destaque a PL apresenta maior qualidade da recuperação em relação às ativas, o que resulta em melhora ou manutenção da performance. Nos parâmetros metabólicos, quando correlacionados com a performance, apresentam que as concentrações de lactato obtidas representam apenas a magnitude da utilização da via glicolítica no fornecimento de energia, sem representar alterações significantes ou relação de causa e efeito entre acidose láctica e performance. Nenhuma das quatro pausas influenciou no tempo gasto de altos percentuais de $VO_{2máx}$, o que pode ser especulado como uma resposta específica da população investigada, com capacidade de atingir valores próximos ao máximo, porém não conseguir manter tais valores por longos períodos.

A partir disso, conclui-se que a utilização de pausas PL promove vantagem em relação às ativas, pois permite melhora ou manutenção da performance ao longo dos EM, maior T_{lim} e distância percorrida que também são fatores determinantes no incremento do $VO_{2máx}$. Por meio desses resultados, acreditamos que o presente estudo traga uma contribuição prática significativa para atletas e técnicos de modalidades de *endurance* na elaboração de programas de treinamentos.

8.0 REFERÊNCIAS

AMANN, M., et al. An evaluation of predictive validity and reliability of ventilatory threshold. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.36, n.10, p.1716-1722, out., 2004.

American College of Sports Medicine Position Stand: The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.30, n.6, p.975-991, jun., 1998.

AMERICAN HEART ASSOCIATION. Exercise testing and training of apparently health individuals. **A handbook for physicians**. Dallas: American Heart Association; 1972.

ASTRAND, I., et al. Circulatory and respiratory adaptations to severe muscular work. **Acta Physiologica Scandinavica**, v.50, p.254-258, dez., 1960.

ASTRAND, I., et al. Intermittent muscular work. **Acta Physiologica Scandinavica**, v.48, p.448-53, abr., 1960.

BAKER, J.S., et al. Interaction among Skeletal Muscle Metabolic Energy Systems during Intense Exercise. **Journal of Nutrition and Metabolism**, v.2010, p. ID905612, 2010.

BANGSBO, J., et al. Reduced volume and increased training intensity elevate muscle Na⁺-K⁺ pump alpha2-subunit expression as well as short- and long-term work capacity in humans. **Journal of Applied Physiology**, v.107, n.06, p.1771-1780, dez., 2009.

BAQUET, G., et al. Effects of high intensity intermittent training on peak VO₂ in prepubertal children. **International Journal of Sports Medicine**, v.23, n.06, p.439-444, ago., 2002.

BASSETT, D.R.JR.; HOWLEY, E.T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. **Medicine and Science in Sports Exercise**, v.32, n.01, p.70-84, jan., 2000.

BEAVER, W.L., et al. Bicarbonate buffering of lactic acid generated during exercise. **Journal of Applied Physiology**, v.60, n.02, p.472-478, fev., 1986.

BHAMBHANI, Y.; SINGH, M. Ventilatory thresholds during a graded exercise test. **Respiration**, v.47, n.02, p.120-128, 1985.

BILLAT, L.V. 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.01, p.13-31, 2001.

BILLAT, L.V. Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training: Recommendations for long-distance running. **Sports Medicine**, v.22, n.03, p.157-175, 1996.

BILLAT, L.V., et al. A comparison of time to exhaustion at VO₂max in elite cyclist, kayak paddlers, swimmers and runners. **Ergonomics**, v.39, n.02, p.267-277, fev., 1996.

BILLAT, L.V., et al. Intermittent runs at the velocity associated with maximal oxygen uptake enables subjects to remain at maximal oxygen uptake for a longer time than intense but submaximal runs. **European Journal of Applied Physiology**, v.81, n.03, p.188-96, fev., 2000.

BISHOP, D., et al. Effects of high-intensity training on muscle lactate transporters and postexercise recovery of muscle lactate and hydrogen ions in women. **American Journal of Physiology: Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v.295, n.06, p.R1991-1998, dez., 2008.

BOGDANIS, G.C., et al. Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. **Journal of Applied Physiology**, v.80, n.03, p.876-884, mar., 1996.

BOGDANIS, G.C., et al. Recovery of power output and muscle metabolites following 30 s of maximal sprint cycling in man. **The Journal of Physiology**, v.482, n. Pt 2, p.467-480, jan., 1995.

BONEN, A.; BELCASTRO, A.N. Comparison of self-selected recovery methods on lactic-acid removal rates. **Medicine and Science in Sports Exercise**, v.8,n.03, p.176-178, 1976.

BOSQUET, L., et al. Methods to determine aerobic endurance. **Sports Medicine**, v.32, n.11, p.675-700, 2002.

BRET et al. Differences in lactate exchange and removal abilities in athletes specialized in different track running events (100 to 1500m). **Int J Sports Med**, v.24, p. 108-113, 2003.

BROOKS, G.A. Intra- and extra-cellular lactate shuttles. **Medicine and Science in Sports Exercise**, v.32, n.04, p.790-799, abr., 2000.

BROOKS, G.A., et al. **Exercise physiology: Human bioenergetics and its application**. 2 ed. Mountain View: Mayfield Publishing Company, 1996, p.191-195.

BUCHHEIT, M.; LAURSEN, P.B. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. Part I: Cardiopulmonary Emphasis. **Sports Medicine**, v.43, n. 05, p.313-338, mai., 2013.

BURGOMASTER, K.A., et al. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. **The Journal of Physiology**, v.586, n.01, p.151-160, jan., 2008.

BURGOMASTER, K.A., et al. Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. **Journal of Applied Physiology**, v.98, n.06, p.1985-1990, jun., 2005.

BYRNE, N.M.; HILLS, A.P. Relationships between HR and VO₂ in the obese. **Medicine and Science in Sports Exercise**, v.34, n.09, p.1419–1427, mai., 2002.

CERRETELLI, P.; SAMAJA, M. Acid-base balance at exercise in normoxia and in chronic hypoxia. Revisiting the “lactate paradox”. **European Journal of Applied Physiology**, v.90, n.5-6, p.431-448, set., 2003.

CESAR, M.C. et al. The effect of local muscle endurance training on cardiorespiratory capacity in young women. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 23, n. 6, p. 1637-43, 2009.

CESAR MC, BORIN JP, PELLEGRINOTTI IL. Educação Física e Treinamento Esportivo. In:Ademir De Marco, org.**Educação Física: Cultura e Sociedade**. 5 ed. Campinas. Papirus. 2011; 1; 25-46.

CHICHARO, J.L., et al. Effects of endurance training on the isocapnic buffering and hypocapnic hyperventilation phases in professional cyclist. **British Journal of Sports Medicine**, v.34, n.06, p.450-455, dez., 2000.

CHRISTENSEN, E.H., et al. Intermittent and continuous running. **Acta Physiologica Scandinavica**, v.50, n.03-04, p.269-286, nov., 1960.

CRISPY, A.H., et al. Time to exhaustion at VO₂max velocity in basketball and soccer athletes. **Journal of Physiology on line**, v.15, n.04, p.82-91, abr., 2013.

CUNHA, F.A., et al. How long does it take to achieve steady state for an accurate assessment of resting VO₂ in healthy men? **European Journal of Applied Physiology**, v. 113, n.06, p.1441-1447, jun., 2013.

DEMARIE, S., et al. Time limit and time at VO₂max during a continuous and an intermittent run. **The Journal of Physical and Sports Fitness**, v.40, n.02, p.96–102, jun., 2000.

DORADO, C., et al. Effects of recovery mode on performance, O₂ uptake, and O₂ deficit during highintensity intermittent exercise. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v.29, n.03, p.227–244, jun., 2004.

DRUMMOND, M.J. et al. Aerobic and resistance exercise sequence affects excesso post exercise oxygen consumption. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 19, n. 2, p. 332-37, 2005.

DUPONT, G., BERTHOIN, S. Time spent at a high percentage of VO₂max for short intermittent runs: active versus passive recovery. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v.29, Suppl: S3–S16, 2004.

DUPONT, G., et al. Critical velocity and time spent at a high level of VO₂ for short intermittent runs at supramaximal velocities. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v.27, n.02, p.103–115, abr., 2002.

DUPONT, G., et al. Passive versus Active Recovery during High-Intensity Intermittent Exercises. **Medicine and Science in Sports Exercise**, v.36, n.02, p. 302-308, fev., 2004.

DUPONT, G., et al. Performance for short intermittent runs: active recovery vs. passive recovery. **European Journal of applied Physiology**, v.89, n.06, p.548-554, ago., 2003.

DUPONT, G., et al. Relationship between oxygen uptake kinetics and performance in repeated running sprints. **European Journal of Applied Physiology**, v.95, n.01, p.27-34, set., 2005.

DUPONT, G., et al. The effect of inseason, high-intensity interval training in soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.18, n.3, p.584–589, ago., 2004.

EDGE, J., et al. Altering the rest interval during high-intensity interval training does not affect muscle or performance adaptations. **Experimental Physiology**, v.98, n.02, p.481-490, fev., 2013.

EDGE, J., et al. The effects of training intensity on muscle buffer capacity in females. **European Journal of Applied Physiology**, v.96, n.01, p.97-105, jan., 2006.

FERRAZZA, A.M., et al. Cardiopulmonary exercise testing in the functional and prognostic evaluation of patients with pulmonary diseases. **Respiration**, v.77, n.01, p.03-17, jan., 2009.

FRANCH, J., et al. Improved running economy following intensified training correlates with reduces ventilatory demands. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.30, n.08, p.1250-1256, ago., 1998.

GAITANOS, G.C., et al. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. **Journal of Applied Physiology**, v.75, n.02, p.712-729, ago., 1993.

GASTIN, P.B. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. **Sports Medicine**, v.31, n.10, p.725-41, 2001.

GIBALA, M.J., et al. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. **The Journal of Physiology**, v.590, n. Pt 05, p.1077-1084, mar., 2012.

GIBALA, M.J., et al. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. **The Journal of Physiology**, v.575, n. Pt 03, p.901-911, set., 2006.

GLADDEN, L.B. Muscle as a consumer of lactate. **Medicine and Science in Sports Exercise**, v.32, n.04, p.764-771, abr., 2000.

GLAISTER, M. Multiple sprint work: physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. **Sports Medicine**, v.35, n.09, p.757-777, 2005.

GOROSTIAGA, E.M., et al. Uniqueness of interval and continuous training at the same maintained exercise intensity. **European Journal of applied Physiology and Occupational Physiology**, v.63, n. 02, p.101-107, ago., 1991.

GREEN, H.J. Mechanisms of muscle fatigue in intense exercise. **Journal of Sports Science**, v.15, n.03, p.247–256, jun., 1997.

GUPTA, S., et al. Comparative study of lactate removal in short massage of extremities, active recovery and a passive recovery period after supramaximal exercise sessions. **International Journal of Sports Medicine**, v.17, n.02, p.106–110, fev.,1996.

HANON, C., et al. Effect of two different long print training regimens on sprint performance and associated metabolic responses. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.26, n.06, p.1551-1557, jun., 2012.

HELGERUD, J. Aerobic endurance training improves soccer performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.33, n.11, p.1925-1931, nov., 2001.

HENRITZE, J., et al. Effects of training at and above the lactate threshold on the lactate threshold and maximal oxygen uptake. **European Journal of Applied Physiology and occupational physiology**, v.54, n.01, p.84-88, mai., 1985.

HILL, A.V.; Muscular movement in man. New York, Me Graw – Hill., 1927.

HILL, D.W., et al. Responses to exercise at 92% and 100% of the velocity associated with VO₂max. **International Journal of Sports Medicine**, v.18, n.05, p.325–329, jun., 1997.

HILL, D.W.; ROWELL, A.L. Responses to exercise at the velocity associated with VO₂max. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.29, n. 01, p.113–116, jan., 1997.

IAIA, F.M., et al. Four weeks of speed endurance training reduces energy expenditure during exercise and maintains muscle oxidative capacity despite a reduction in training volume. **Journal of Applied Physiology**, v.106, n.01, p.73-80, jan., 2009.

JONES, A.M.; CARTER, H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. **Sports Medicine**, v.29, n.60, p.373-386, jun., 2000.

JUEL, C., et al. Effect of high-intensity intermittent training on lactate and H⁺ release from human skeletal muscle. **American Journal of Physiology: Endocrinology and Metabolism**, v.286, n.02, p.E245-251, fev., 2004.

KOLSKY, D.C., et al. Endurance and sprint benefits of high-intensity and supramaximal interval training. **European Journal of Sports Science**, v.13, n.03., p.304-311, dez., 2011.

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.01, p.53–73, jan., 2002.

LOPES, C.R. **Cinética de remoção de lactato na definição de pausas para treinamento intervalado de alta intensidade**. 2010. 78 p. Tese (Doutorado em Biodinâmica do Movimento Humano) - Laboratório de Bioquímica do Exercício (LABEX), Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

LOURENÇO, T.F., et al. Interpretação metabólica dos parâmetros ventilatórios obtidos durante um teste de esforço máximo e sua aplicabilidade no esporte. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v.09, n.03, p.310-317, 2007.

LUCÍA, A., et al. Determinants of VO₂ kinetics at high power outputs during a ramp exercise protocol. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.34, n.02, p.326-331, fev., 2002.

MACDOUGALL, D.; SALE, D. Continuous vs. interval training: a review for the athlete and the coach. **Canadian Journal of Applied Sport Science**, v.6, n.2, p.93-97, jun., 1981.

MACEDO, D.V., et al. Is lactate production related to muscular fatigue? A pedagogical proposition using empirical facts. **Advances in Physiology Education**, v.33, n.04, p.302-307, dez., 2009.

MAYERS, J.N. The physiology behind exercise testing. **Primary Care**, v.28, n.01, p.05-28, mar., 2001.

MCKENNA, M.J., et al. Muscle K⁺, Na⁺, and Cl disturbances and Na⁺-K⁺ pump inactivation: implications for fatigue. **Journal of Applied Physiology**, v.104, n.01, p.288-295, jan., 2008.

MCKENNA, M.J; HARGREAVES, M. Resolving fatigue mechanisms determining exercise performance: integrative physiology at its finest! **Journal of Applied Physiology**, v.104, n.01, p.286-287, jan., 2008.

MEYER, T., et al. A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from sub maximal parameters – theory and application. **International Journal of Sports Medicine**, v.26, n. S 01, p. S38-48, fev., 2005.

MEYER, T., et al. Is lactic acidosis a cause of exercise induced hyperventilation at the respiratory compensation point? **British Journal of Sports Medicine**, v.38, n.05, p.622-625, out., 2004.

MIDGLEY, A.W et al. 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 Med** v.36, n.2, p.117–132. (2006)

MILLET, G.P., et al. Effects of increased intensity of intermittent training in runners with differing VO₂ kinetics. **European Journal of applied Physiology**, v.90, n.01-02, p.50-57, set., 2003.

PATON, C.D.; HOPKINS, W.G. Combining explosive and high-resistance training improves performance in competitive cyclists. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.19, n.04, p.826-830, nov., 2005.

PÉRONNET, F.; AGUILANIU, B. Lactic acid buffering, nonmetabolic CO₂ and exercise hyperventilation: A critical reappraisal. **Respiratory Physiology and Neurobiology**, v.150, n.01, p.4-18, jan., 2006.

PILEGAARD, H., et al. Effect of high-intensity exercise training on lactate/H⁺ transport capacity in human skeletal muscle. **American Journal Physiology**, v.276, n.02 Pt 1, p.E255-261, fev., 1999.

POOLE, D.C.; GAESSER, G.A. Response of ventilatory and lactate thresholds to continuous and interval training. **Journal of Applied Physiology**, v.58, n.04, p.1115-1121, abr., 1985.

REINDELL, H., et al. **Das intervall training**. Munchen (Germany): John Ambrosius Barth Publishing, 1962.

REINDELL, H.; ROSKAMM, H. Ein Beitrag zu den physiologischen Grundlagen des intervall training unter besonderer berucksichtigung des Kreilaufes. **Schweiz Z Sportmed**, v.07, p.01-08, 1959.

RHEA, M.R. Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.18, n.04, p.918-920, nov., 2004.

ROBERGS, R.A., et al. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. **American Journal of Physiology: Regulatory Integrative and Comparative Physiology**, v.287, n.03, p.R502-516, set., 2004.

ROBINSON, D.M., et al. Training intensity of elite male distance runners. **Medicine and Science in Sports Exercise**, v.23, n.09, p.1078–1082, set., 1991.

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 and Science in Sports**, v.22, n., p.705-814, nov., 2012.

ROSS, A.; LEVERITT, M. Long-term metabolic and skeletal muscle adaptations to short-sprint training. **Sports Medicine**, v.31, n.15, p.1063-1082, 2001.

SARASLANIDIS, P., et al. Muscle metabolism and performance improvement after two training programmes of sprint running differing in rest interval duration. **Journal of Sports Science**, v.29, n.11, p.1167-1174, ago., 2011.

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, nov., 2009.

SMITH, T.P., et al. Effects of 4-wk training using V_{max}/T_{max} on VO_{2max} and performance in athletes. **Medicine and Science in Sports Exercise**, v.31, n.06, p.892–896, jun., 1999.

SPENCER, M., et al. Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities. **Sports Medicine**, v.35, n.12, p.1025-1044, 2005.

TABATA, I., et al. Metabolic profile of high intensity intermittent exercises. **Medicine Science Sports Exercise**, v.29, n.03, p.390-395, mar., 1997.

TAOUTAOU, Z., et al. Lactate kinetics during passive and partially active recovery in endurance and sprint athletes. **European Journal of applied Physiology**, v.73, n.05, p.465–470, 1996.

TARDIEU-BERGER, M., Effects of active recovery between series on performance during an intermittent exercise model in young endurance athletes. **European Journal of applied Physiology**, v.93, n., p.145–152, out., 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.02, p.133-142, jan., 2007.

TOUBEKIS, A.G., et al. Critical velocity and lactate threshold in young swimmers. **International Journal of Sports Medicine**, v.27, n.02, p.117-123, fev., 2006.

TOUBEKIS, A.G., et al. Influence of different rest intervals during active or passive recovery on repeated sprint swimming performance. **European Journal of Applied Physiology**, v.93, n.5-6, p.694-700, mar., 2005.

TOUBEKIS, A.G., et al. Physiological responses during interval training at relative to critical velocity intensity in young swimmers. **Journal of Science Sports and Medicine**, v.14, n.04, p.363-368, jul., 2011.

WAKEFIELD, B.R., GLAISTER, M. Influence of work-interval intensity and duration on time spent at a high percentage of VO₂max during intermittent supramaximal exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.23, n.09, p.2548-2554, dez., 2009.

WISLOFF, U., et al. Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study. **Circulation**, v.115, n.24, p.3086-3094, jun., 2007.

ZAFEIRIDIS, A., et al. The effects of heavy continuous versus long and short intermittentaerobic exercise protocols on oxygen consumption, heart rate, and lactate responses in adolescents. **European Journal of applied Physiology**, v.110, n. 01, p.17-26, set., 2010.

Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Casaburi R, Whipp BJ. **Principles of Exercise Testing and Interpretation**. 3. ed., Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 1999, 556p.