

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA
JHENNYFER ALINE LIMA RODRIGUES

PARÂMETROS CARDIOPULMONARES E METABÓLICOS NAS TRANSIÇÕES
DE INTENSIDADE DO TESTE CARDIOPULMONAR DE EXERCÍCIO EM
HOMENS TREINADOS NA RESISTÊNCIA AERÓBIA E DE FORÇA MUSCULAR

VITÓRIA 2014

JHENNYFER ALINE LIMA RODRIGUES

PARÂMETROS CARDIOPULMONARES E METABÓLICOS NAS TRANSIÇÕES
DE INTENSIDADE DO TESTE CARDIOPULMONAR DE EXERCÍCIO EM
HOMENS TREINADOS NA RESISTÊNCIA AERÓBIA E DE FORÇA MUSCULAR

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física do Centro de Educação Física e Desportos da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação Física.

Área de Concentração: Educação Física,
Movimento Corporal Humano e Saúde

Orientadora: Prof.^a Dra. Luciana Carletti

Coorientador: Prof.^o Dr. Anselmo José Perez

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

R696p Rodrigues, Jhennyfer Aline Lima, 1987-
Parâmetros cardiopulmonares e metabólicos nas transições de intensidade do teste cardiopulmonar de exercício em homens treinados na resistência aeróbia e de força muscular / Jhennyfer Aline Lima Rodrigues. – 2014.
78 f. : il.

Orientador: Luciana Carletti.

Coorientador: Anselmo José Perez.

Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Educação Física e Desportos.

1. Metabolismo energético. 2. Aptidão física. 3. Transição metabólica. 4. Limiar anaeróbio. I. Carletti, Luciana. II. Perez, Anselmo José. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Educação Física e Desportos. IV. Título.

CDU: 796

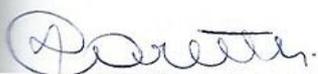
JHENNYFER ALINE LIMA RODRIGUES

PARÂMETROS CARDIOPULMONARES E METABÓLICOS NAS TRANSIÇÕES
DE INTENSIDADE DO TESTE CARDIOPULMONAR DE EXERCÍCIO EM
HOMENS TREINADOS NA RESISTÊNCIA AERÓBIA E DE FORÇA MUSCULAR

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física do Centro de Educação Física e Desportos da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação Física.

Aprovada em 20 de fevereiro de 2014.

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof.ª Dra. Luciana Carletti

Universidade Federal do Espírito Santo

Orientadora



Prof.º Dr. Anselmo José Perez

Universidade Federal do Espírito Santo

Coorientador



Prof.º Dr. Rômulo Cássio de Moraes Bertuzzi

Universidade de São Paulo

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço imensamente a Deus, pelos dons e discernimentos, por sua fidelidade e amor permitindo-me alcançar mais esta conquista em minha vida;

A minha tia Deise, por sempre estar ao meu lado, pela torcida, amor e apoio incondicionais;

A Iva, pelo incentivo e torcida;

A amiga Maraísa, que mesmo de longe, acompanhou o árduo caminho ao longo do mestrado, pela cumplicidade e amor;

As amigas Jéssica e Adriana, por todo apoio, torcida, compreensão, amizade e amor;

As amigas Suelen e Mariana pela torcida, incentivo e pela alegria ao dividir comigo esta conquista;

A amiga e parceira de mestrado Flor, por todas as histórias partilhadas, pelo crescimento pessoal e acadêmico;

Ao Sérgio, pela cumplicidade;

Em especial agradeço a minha orientadora professora Luciana Carletti, pela oportunidade ímpar, pela confiança e paciência; por todos os ensinamentos ao longo desta caminhada;

Aos professores Anselmo José Perez, Rômulo C. Bertuzzi e Wellington Lunz pelas valiosas contribuições e disponibilidade;

A FAPES pelo subsídio financeiro;

Aos colaboradores do NUPEM pela convivência;

Agradeço a todos que contribuíram, torceram e se alegraram comigo por mais esta vitória. Deus é Fiel!!

RESUMO

O exercício físico é um importante desafio externo à homeostase do meio celular. Os parâmetros cardiopulmonares e metabólicos diferem em resposta ao esforço progressivo na resistência aeróbia e força muscular. Um fenômeno especialmente marcante na resposta metabólica ao exercício progressivo é a ocorrência de uma modificação da relação entre as taxas de incremento da produção de dióxido de carbono (VCO_2) e do consumo de oxigênio (VO_2). Essa quebra da linearidade, identificada como limiar anaeróbio ventilatório (LAV), corresponde à transição do metabolismo aeróbio para o anaeróbio e é também um índice que reflete satisfatoriamente a aptidão física. O momento entre o LAV e ponto de compensação respiratória (PCR), associado com uma estabilização da pressão expirada de dióxido de carbono ($P_{et}CO_2$) é denominado como fase II do teste cardiopulmonar de exercício (TCPE) e corresponde ao tamponamento isocápnico (TI). Considerando as diferentes adaptações cardiometabólicas decorrentes do treinamento de resistência aeróbia e de força muscular, este trabalho teve como objetivo principal estudar as respostas cardiovasculares e ventilatórias durante a fase II do TCPE, em indivíduos treinados na resistência aeróbia e força muscular. Foram eleitos 91 homens saudáveis distribuídos intencionalmente em três grupos: controle (CON n= 38), exercício resistido intenso (ERI n= 23) e corredores de endurance (CE n= 30). Os três grupos realizaram TCPE. A idade dos sujeitos variou de 21 a 55 anos. O CE apresentou maior VO_{2LAV} ; VO_{2PCR} e $VO_{2máx}$. (36 ± 8 ml.kg⁻¹.min⁻¹; 46 ± 8 ml.kg⁻¹.min⁻¹; 51 ± 8 ml.kg⁻¹.min⁻¹ vs 24 ± 6 ml.kg⁻¹.min⁻¹; 35 ± 5 ml.kg⁻¹.min⁻¹; 40 ± 6 ml.kg⁻¹.min⁻¹ e 26 ± 6 ml.kg⁻¹.min⁻¹; 35 ± 6 ml.kg⁻¹.min⁻¹; 40 ± 7 ml.kg⁻¹.min⁻¹. P<0,05), comparado ao CON e ERI respectivamente, mesmo após a correção alométrica. A FC_{REP} foi significativamente menor entre o CE vs CON (CE= 52 ± 6 bpm; CON= 60 ± 8 bpm; P<0,05). Os treinados diferiram em relação ao controle para a FC_{PCR} e FC_{PICO} (CE= 165 ± 14 bpm; 179 ± 11 bpm; ERI= 163 ± 18 bpm; 181 ± 8 bpm vs CON= 174 ± 14 bpm; 190 ± 10 bpm. P<0,05). A VE_{LAV} e VE_{PCR} foi maior no CE (62 ± 14 ; 93 ± 17) vs CON (45 ± 14 ; 74 ± 18), sem diferenças para ERI (54 ± 12 ; 82 ± 15) P<0,05. Os CE e ERI apresentaram maior VCO_{2LAV} ($2,39\pm 0,56$ e $2,09\pm 0,49$) respectivamente, em relação ao CON ($1,64\pm 0,51$) P<0,05. No PCR a VCO_2 apontou diferenças apenas para o CE vs o CON ($3,45\pm 0,54$ vs $2,82\pm 0,64$) respectivamente, P<0,05. A RTR_{PCR} foi menor no ERI ($1,03\pm 0,05$) vs CE ($1,12\pm 0,20$) e CON ($1,09\pm 0,08$) P<0,05. Na fase de transição metabólica, diferença significativa entre o CE em relação ao CON e ERI, para a carga

(km/h): $4,2 \pm 1,6$ vs $2,7 \pm 1,6$ e $2,8 \pm 1,0$, respectivamente $P < 0,05$. O pulso de oxigênio também foi menor nos corredores (CE= $-0,0474$; CON= $0,0222$ e ERI= $0,0275$. $P < 0,05$). O $EC_{INCLINA}$ foi inferior para o CE a 80 e 90% do TCPE comparado ao CON e a 100% do TCPE comparado ao ERI. Concluiu-se que o CE apresenta maior magnitude de diferença na carga de transição em relação ao CON e ERI com um custo de oxigênio similar entre os grupos; Entre o ERI e CON não há diferença dos parâmetros cardiopulmonares avaliados na presente investigação, exceto para FC_{PCR} e RTR_{PCR} ; Há evidência de uma maior eficiência metabólica no CE e, como consequência, menor fadiga muscular em relação ao CON e ERI.

Palavras-Chaves: Metabolismo Energético, Limiar Anaeróbio, Força Muscular.

ABSTRACT

Physical exercise is an important external challenge to the homeostasis of the cellular environment. Cardiopulmonary and metabolic parameters differ in response to graded aerobic exercise endurance and muscular strength. A particularly striking phenomenon in the metabolic response to progressive exercise is the occurrence of a change in the relationship between the increase rates on the production of carbon dioxide ($\dot{V}CO_2$) and the uptake of oxygen ($\dot{V}O_2$). This break in the linearity, identified as ventilatory anaerobic threshold (VAT), corresponds to the transition of aerobic to anaerobic metabolism and it is also an index that reflects physical fitness in a satisfactory way. The time between the VAT and respiratory compensation point (RCP), associated with a stabilization of end tidal carbon dioxide ($P_{et}CO_2$) is termed as phase II of cardiopulmonary exercise testing (CPET) and corresponds to isocapnic buffering (IT). Considering the different cardiometabolic adaptations resulting from resistance aerobic training and muscular strength, this work aimed to study the cardiovascular and ventilatory responses during phase II of CPET in trained individuals in aerobic endurance and muscular strength. 91 healthy men intentionally distributed in three groups were elected: control (CON n = 38), intense resistance exercise (IRE n = 23) and endurance runners (ER n = 30). The three groups performed CPET. The subjects' age ranged from 21 to 55 years old. The ER showed higher $\dot{V}O_{2VAT}$; $\dot{V}O_{2RCP}$ and $\dot{V}O_{2max}$ ($36 \pm 8 \text{ ml.kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; $46 \pm 8 \text{ ml.kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; $51 \pm 8 \text{ ml.kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ vs $24 \pm 6 \text{ ml.kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; $35 \pm 5 \text{ ml.kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; $40 \pm 6 \text{ ml.kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ e $26 \pm 6 \text{ ml.kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; $35 \pm 6 \text{ ml.kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; $40 \pm 7 \text{ ml.kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. $P < 0,05$), compared to CON and IRE respectively, even after allometric correction. HR_{REP} was significantly lower in the ER vs CON ($CE = 52 \pm 6 \text{ bpm}$; CON = $60 \pm 8 \text{ bpm}$; $P < 0,05$). Trained differ regarding control for HR_{RCP} and HR_{PEAK} (ER = $165 \pm 14 \text{ bpm}$; $179 \pm 11 \text{ bpm}$; IRE = $163 \pm 18 \text{ bpm}$; $181 \pm 8 \text{ bpm}$ vs CON = $174 \pm 14 \text{ bpm}$; $190 \pm 10 \text{ bpm}$. $P < 0,05$). The VE_{VAT} and VE_{RCP} was higher in ER (62 ± 14 ; 93 ± 17) vs CON (45 ± 14 ; 74 ± 18), no differences for IRE (54 ± 12 ; 82 ± 15) $P < 0,05$. The ER and IRE showed higher $\dot{V}CO_{2VAT}$ ($2,39 \pm 0,56$ e $2,09 \pm 0,49$), respectively compared to CON ($1,64 \pm 0,51$) $P < 0,05$. In RCP $\dot{V}CO_2$ showed differences only for the ER vs CON ($3,45 \pm 0,54$ vs $2,82 \pm 0,64$) respectively, $P < 0,05$. The RTR_{RCP} was lower in IRE ($1,03 \pm 0,05$) vs ER ($1,12 \pm 0,20$) and CON ($1,09 \pm 0,08$) $P < 0,05$. In phase metabolic transition, significant differences in relation to the ER, CON and IRE, for the load (km / h): $4,2 \pm 1,6$ vs $2,7 \pm 1,6$ e $2,8 \pm 1,0$, respectively $P < 0,05$. The oxygen pulse was also lower

in endurance runners (ER= -0,0474; CON= 0,0222 e IRE= 0,0275. $P < 0,05$). The $EC_{INCLINA}$ was lower for the ER 80 and 90% of CPET CON compared to CPET and 100% compared to the IRE. It was concluded that the ER has greater magnitude of difference in the transition load compared to CON and IRE at a uptake of oxygen similar between groups; Between IRE and CON there were no differences in cardiopulmonary parameters evaluated in this study, except for HR_{RCP} and RTR_{RCP} ; There is evidence from greater metabolic efficiency ER and, consequently, reduced muscle fatigue compared to CON and IRE.

Key Words: Energy Metabolism, Anaerobic Threshold, Muscle Strength.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 – Caracterização das diferentes fases e limiares em um teste cardiopulmonar de exercício.....	22
Figura 1A – Identificação do limiar anaeróbio ventilatório (LAV), ponto de compensação respiratória (PCR), fase I, fase II e fase II do TCPE para um sujeito do grupo exercício resistido intenso (ERI).....	36
Figura 1B – Identificação do limiar anaeróbio ventilatório (LAV), ponto de compensação respiratória (PCR), fase I, fase II e fase III do TCPE para um sujeito do grupo corredor de endurance (CE).....	37
Figura 2 - Percentual relativo ao tempo total do teste cardiopulmonar de exercício nos momentos referentes ao LAV, PCR e $VO_{2máx}$	43
Figura 3 - $EC_{INCLINA}$ - Coeficiente angular gerado pela relação entre VO_2 vs intensidade durante o TCPE	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Características antropométricas e etárias dos grupos.....	38
Tabela 2- Parâmetros cardiorrespiratórios entre os grupos durante o TCPE.....	39
Tabela 3- Parâmetros ventilatórios entre os grupos durante o TCPE.....	40
Tabela 4- Características de incremento no TCPE.....	41
Tabela 5- Parâmetros cardíacos, metabólicos e de trabalho na fase de transição metabólica.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC Enzima anidrase carbônica

ACSM Colégio americano de medicina do esporte

ANOVA Análise de variância

ATP Adenosina trifosfato

BDC Braço direito contraído

CE Corredores de endurance

CIC Clínica de investigação cardiovascular

CO₂ Dióxido de carbono

CON Controle

CP Creatina fosfato

DC Débito cardíaco

DCT Dobra cutânea tricepital

ECG Eletrocardiograma

EC_{INCLINA} Coeficiente angular gerado pela relação VO₂ vs intensidade

ERI Exercício resistido intenso

ESCHOT Estudo da saúde cardiovascular do homem treinado

FC Frequência cardíaca

FC_{LAV} Frequência cardíaca referente ao limiar anaeróbio ventilatório

FC_{PCR} Frequência cardíaca referente ao ponto de compensação respiratória

FC_{PICO} Frequência cardíaca pico

FC_{REP} Frequência cardíaca no repouso

FCVO_{2máx.} Frequência cardíaca referente ao consumo de oxigênio máximo

H⁺ Íon Hidrogênio

H⁺lac Associação do hidrogênio e lactato produzido

H₂CO₃ Ácido carbônico

H₂O Água

HDL Lipoproteína de alta densidade

HVV Hiperventilação hipocápnica

TI Tamponamento isocápnico

IMC Índice de massa corpórea

Lac Lactato

Lan Limiar anaeróbio

LAV Limiar anaeróbio ventilatório

LDH Enzima desidrogenase de lactato

LL Limiar de lactato

NaHCO₃⁻ Bicarbonato de sódio

O₂ Oxigênio

PA Pressão arterial

PaCO₂ Pressão de dióxido de carbono no sangue arterial

PCR Ponto de compensação respiratória

PetCO₂ Pressão expirada de dióxido de carbono

PetCO_{2LAV} Pressão expirada de dióxido de carbono referente ao limiar anaeróbio ventilatório

PetCO_{2PCR} Pressão expirada de dióxido de carbono referente ao ponto de compensação respiratória

PetO₂ Pressão expirada de oxigênio

PetO_{2LAV} Pressão expirada de oxigênio referente ao limiar anaeróbio ventilatório

PetO_{2PCR} Pressão expirada de oxigênio referente ao ponto de compensação respiratória

pH Potencial íon hidrogênio

QCO₂ Produção periférica de dióxido de carbono

relFB Capacidade de tamponar

RTR Razão de troca respiratória

RTR_{LAV} Razão de troca respiratória referente ao limiar anaeróbio ventilatório

RTR_{PCR} Razão de troca respiratória referente ao ponto de compensação respiratória

RM Repetição máxima

TCPE Teste cardiopulmonar de exercício

UFES Universidade Federal do Espírito Santo

VCO₂ Produção de dióxido de carbono

VCO_{2LAV} Produção de dióxido de carbono referente ao limiar anaeróbio ventilatório

VCO_{2PCR} Produção de dióxido de carbono referente ao ponto de compensação respiratória

VE Ventilação minuto

VE/VCO₂ Equivalente ventilatório de dióxido de carbono

VE/VCO_{2LAV} Equivalente ventilatório de dióxido de carbono referente ao limiar anaeróbio ventilatório

VE/VCO_{2PCR} Equivalente ventilatório de dióxido de carbono referente ao ponto de compensação respiratória

VE/VO₂ Equivalente ventilatório de oxigênio

VE_{LAV} Ventilação minuto referente ao limiar anaeróbio ventilatório

VE_{PCR} Ventilação minuto referente ao ponto de compensação respiratória

V_{LAV} Velocidade referente ao limiar anaeróbio ventilatório

VO₂ Consumo de oxigênio

VO_{2LAV} Consumo de oxigênio referente ao limiar anaeróbio ventilatório

VO_{2máx.} Consumo de oxigênio máximo

VO_{2PCR} Consumo de oxigênio referente ao ponto de compensação respiratória

VOP Velocidade da onda de pulso

V_{PCR} Velocidade referente ao ponto de compensação respiratória

VS Volume sistólico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	19
2.1 Objetivo Geral.....	19
2.2 Objetivos Específicos.....	19
3 REVISÃO LITERATURA	20
3.1 Respostas cardiovasculares ao treinamento aeróbio e treinamento anaeróbio.....	20
3.2 O teste cardiopulmonar e a identificação das fases de transição do metabolismo aeróbio para anaeróbio.....	22
3.3 Tamponamento isocápnico	26
4 MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1 Delineamento e Seleção Amostral	28
4.2 Execução dos Exames	31
4.2.1 Antropometria	31
4.2.2 <i>Teste Cardiopulmonar de Exercício</i>	33
4.2.3 <i>Análise de Gases</i>	34
4.2.4 <i>Escala Alométrica</i>	34
4.2.5 <i>Cálculo EC_{INCLINA}</i>	34
4.3 Determinação LAV e PCR.....	35
4.4 Fases de transição metabólica.....	36
4.5 Análise Estatística	38
5 RESULTADOS	38
5.1 Características antropométricas e etárias dos grupos.....	38
5.2 Parâmetros cardiorrespiratórios entre os grupos durante o TCPE.....	39
5.3 Parâmetros ventilatórios entre os grupos durante o TCPE.....	40
5.4 Características de incremento no TCPE.....	41
5.5 Parâmetros cardíacos, metabólicos e de trabalho na fase de transição metabólica.....	42
6 DISCUSSÃO	44
6.1 Comportamento dos parâmetros cardiopulmonares em homens treinados na resistência aeróbia e força muscular no LAV.....	44
6.2 Comportamento dos parâmetros cardiopulmonares em homens treinados na resistência aeróbia e força muscular no PCR.....	47
6.3 Comportamento dos parâmetros cardiopulmonares em homens treinados na resistência aeróbia e força muscular no VO ₂ máx.....	48
6.4 Fase de tamponamento isocápnico em homens treinados na resistência aeróbia e força muscular	49
6.5 Coeficiente angular gerado a partir da relação VO ₂ vs intensidade durante o TCPE.....	52
6.6 Limitações.....	54
7 CONCLUSÃO	56
8 REFERÊNCIAS	57
9.1 ANEXO	68
9.1.1 <i>Comitê de Ética em Pesquisa em Humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Espírito Santo</i>	68
9.2 APÊNDICES	69
9.2.1 <i>Questionário de Seleção Amostral</i>	69
9.2.2 <i>Termo de Consentimento Livre e Esclarecido</i>	73

1. INTRODUÇÃO

O exercício físico é um importante desafio externo à homeostase do meio celular, induzindo o organismo a uma série de adaptações metabólicas e cardiorrespiratórias, que irão fornecer o suprimento adequado de oxigênio (O_2) à musculatura em contração (NEDER; NERY, 2002; WASSERMAN *et al.*, 2005). Os parâmetros cardiopulmonares e metabólicos diferem em resposta ao esforço progressivo de resistência aeróbia e de força muscular (BRAGA *et al.*, 2006; SOUZA *et al.*, 2008; SLENTZ *et al.*, 2011; PINGE, 2011). Exercícios que apresentam o predomínio aeróbio, capazes de serem mantidos por período de tempo prolongado, quando realizados de forma crônica, mostram-se eficientes em proporcionar adaptações no sistema cardiovascular, notadamente sobre o sistema nervoso simpático (PINGE, 2011), caracterizando a bradicardia de repouso, tanto em indivíduos sedentários (HAUTALA *et al.*, 2003) e indivíduos com quadro de insuficiência cardíaca (BRUM *et al.*, 2011). Quanto a adaptações metabólicas, o treinamento aeróbio diminui a atividade das enzimas glicolíticas, aumenta os estoques intramusculares de substrato energético, enzimas oxidativas, capilarização e a densidade mitocondrial (SOUZA *et al.*, 2008; PAAVOLAINEN *et al.*, 1999). Em contrapartida, o treinamento realizado com pesos, tem sido reportado como causa da hipertrofia muscular, associado ao aumento das proteínas contráteis com proporcional aumento da força de contração. Também resulta de adaptações neuromusculares e aumento do desempenho de força (PAAVOLAINEN *et al.*, 1999), redução da densidade mitocondrial, diminuindo a densidade de enzimas oxidativas, o que promove adaptações enzimáticas específicas e maior estoque de glicogênio intramuscular, tendo pequeno efeito na capilarização (SOUZA *et al.*, 2008).

Green *et al.* (2003), por exemplo, verificaram que atletas treinados anaerobiamente, incluindo neste grupo (jogadores de futebol; jogadores de basquetebol; decatletas; jogadores de bairsebol; goleiros de futebol) apresentam adaptações periféricas intramusculares, tais como, mudanças na atividade da desidrogenase de lactato (LDH), com e sem mudanças no consumo de oxigênio máximo ($VO_{2máx.}$), sendo que os valores de limiar anaeróbio podem ser relativamente maiores nos competidores anaeróbios sem uma elevação no $VO_{2máx.}$ (GREEN *et al.*, 2003). O limiar anaeróbio, que quando caracterizado exclusivamente em função das trocas respiratórias recebe a denominação de limiar anaeróbio ventilatório (LAV), pode ser

definido como a intensidade de esforço acima da qual a produção de lactato e íons H^+ supera sua própria remoção, provocando um intensificado estímulo ventilatório. Como consequência, desenvolve-se a hiperventilação (OSHIMA *et al.*, 1997). Em termos mais simples, ocorre, em determinado ponto do exercício, uma liberação adicional de dióxido de carbono (CO_2) (LEAL JUNIOR *et al.*, 2006).

Tem sido sugerido na literatura (PUPO *et al.*, 2011; DENADAI; ORTIZ; MELLO, 2004b; CAPUTO *et al.*, 2009; SOUZA *et al.*, 2011), que atletas com predomínio de características aeróbias, utilizam uma maior fração do $VO_{2máx.}$ podendo elevar o LAV até cerca de 85% do $VO_{2máx.}$. Entretanto, sabe-se que em adição a um elevado valor do $VO_{2máx.}$, o sucesso em eventos aeróbios também requer uma capacidade de se exercitar por um tempo prolongado em uma alta percentagem do $VO_{2máx.}$ refletindo uma eficiente economia de corrida (PUPO *et al.*, 2011; DENADAI; ORTIZ; MELLO, 2004b; CAPUTO *et al.*, 2009; SOUZA *et al.*, 2011) e uma capacidade de tamponar elevada (JUEL, 1998; CHICHARRO *et al.*, 1999; ROCKER *et al.*, 1994). Além disso, a formação e o acúmulo de lactato, é menor em indivíduos treinados em diferentes modalidades em nível submáximo (corredores de endurance, velocistas, ciclistas, triatletas), comparados com sujeitos não treinados, devido a adaptações musculares específicas que dependem do nível de atividade muscular, ocasionando uma remoção de lactato/ H^+ em maior proporção (JUEL, 1998).

Um fenômeno especialmente marcante na resposta metabólica ao exercício com aumento progressivo na intensidade é a ocorrência de uma modificação, relativamente abrupta, da relação entre as taxas de incremento da produção de dióxido de carbono (VCO_2) e do consumo de oxigênio (VO_2) (BEAVER; WASSERMAN; WHIPP, 1986a). Essa quebra da linearidade, identificada como LAV corresponde à transição do metabolismo aeróbio para o anaeróbio e é também um índice que reflete satisfatoriamente a aptidão física, sendo empregado tanto na prática clínica como na avaliação e no treinamento de atletas (LEAL JUNIOR *et al.*, 2006; LOURENÇO *et al.*, 2007). A produção de CO_2 será maior quanto mais elevada for a ventilação alveolar para uma dada taxa de produção periférica de CO_2 (QCO_2) e/ou maior for a contribuição anaeróbia, já que quando se incrementa muito rapidamente a carga num indivíduo sedentário, mais lactato será tamponado e, portanto, mais CO_2 liberado por unidade de tempo (NEDER; NERY, 2002).

Pelo método não invasivo, a determinação do LAV se dá pela análise das respostas ventilatórias (BEAVER; WASSERMAN; WHIPP, 1986a; WISÉN; WOHLFART, 2004), caracterizado como o momento em que se observa um incremento não linear da razão de troca respiratória (RTR) e os menores valores do equivalente ventilatório de oxigênio (VE/VO_2) e da pressão parcial final de oxigênio ($P_{et}O_2$), isto é, antes do início do aumento progressivo dessas respostas e ponto de compensação respiratória (PCR), o momento do exercício em que se observa o menor valor do equivalente ventilatório de dióxido de carbono (VE/VCO_2), ou seja, antes do início do seu aumento exponencial, e o maior valor da pressão parcial final de dióxido de carbono ($P_{et}CO_2$) (PITHON, *et al.*, 2006).

O momento entre o LAV e PCR, associado com um comportamento de estabilização da $P_{et}CO_2$ é denominado como tamponamento isocápnico (TI) por alguns autores (HIRAKOBA; YUNOKI, 2002; CHICHARRO; HOYOS; LUCÍA, 2000) e representa a compensação para acidose metabólica causada pelo exercício (LENTI *et al.*, 2011; HIRAKOBA; YUNOKI, 2002; CHICHARRO; HOYOS; LUCÍA, 2000; OSHIMA; MIYAMOTO, 1997). A identificação do comportamento das variáveis durante a fase de tamponamento em resposta a diferentes condições de treinamento reflete a capacidade do corpo de tamponamento geral (CHICHARRO; HOYOS; LUCÍA, 2000). E por fim, a fase de hiperventilação hipocápnica (HVV), compreende o momento entre o PCR até o final do teste, sendo marcada pela compensação da acidose metabólica, com redução da pressão parcial de dióxido de carbono no sangue arterial ($PaCO_2$) (GREEN *et al.*, 2003; DEL COSO *et al.*, 2009; CHICHARRO; HOYOS; LUCÍA, 2000).

A partir da década de 1980, surgem estudos, avaliando a fase de TI (BEAVER; WASSERMAN; WHIPP, 1986b; CHICHARRO; HOYOS; LUCÍA, 2000; OSHIMA; MIYAMOTO, 1997; LENTI *et al.*, 2011; HIRAKOBA; YUNOKI, 2002; WHIPP; DAVIS; WASSERMAN, 1989; ROCKER *et al.*, 1994). Destes estudos, embora alguns tenham comparado corredores de longa e curta distância (HIRAKOBA; YUNOKI, 2002; ROCKER *et al.*, 1994), corredores de curta, média e longa distância (OSHIMA; MIYAMOTO, 1997), ciclistas (LENTI *et al.*, 2011; CHICHARRO; HOYOS; LUCÍA, 2000), verificado o tamponamento do ácido láctico no decorrer de um teste progressivo (BEAVER; WASSERMAN; WHIPP, 1986b; WHIPP; DAVIS; WASSERMAN, 1989) e analisado a resposta do lactato em exercício de força (SOUZA *et al.*, 2011, 2012;), nenhum deles ressalta uma comparação do exercício de predominância aeróbia contra o

exercício de força muscular durante a fase de transição metabólica. Considerando as diferentes adaptações cardiometabólicas decorrentes do treinamento de resistência aeróbia (corredores) e de força muscular (levantadores de pesos), levantou-se as seguintes questões: será que a duração desse comportamento isocápnico reflete uma resistência superior à fadiga, expressa pela maior carga e maior VO_2 atingidos no teste cardiopulmonar, ao considerarmos o tipo de treinamento, duração e o trabalho realizado? Qual modalidade de treino tem maior influência na capacidade de tamponar dos indivíduos?

Partindo da hipótese de que os indivíduos treinados aerobiamente suportam um exercício de longa duração, por um período de tempo alto (BENETTI; TARGINO; CARVALHO, 2000), e que, portanto o período de transição metabólica entre o LAV e PCR requer maior carga de esforço quando comparados ao grupo controle e de força muscular, e que os indivíduos treinados na força muscular poderiam apresentar melhor capacidade de tamponamento, expressa pela carga de transição entre os limiares, em relação ao grupo controle, este trabalho teve como objetivo principal estudar as respostas cardiovasculares e ventilatórias durante as fases do teste cardiopulmonar de exercício, em especial a fase II, o TI em indivíduos treinados na resistência aeróbia e na força muscular.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo principal:

Comparar as respostas cardiovasculares, ventilatórias e de troca gasosa nas fases de transição metabólica do TCPE, em especial, o tamponamento isocápnico, em indivíduos treinados nas modalidades de exercício aeróbio e de força muscular.

2.2 Objetivos específicos:

- 1) Caracterizar os indivíduos treinados na modalidade de corrida e do exercício resistido em suas respostas cardiopulmonares e de troca gasosa.
- 2) Descrever o comportamento das variáveis cardiopulmonares e de troca gasosa nas fases de transição metabólica, comparando-as com indivíduos sedentários entre o LAV e PCR, de acordo com a modalidade de treino relativizada ao esforço máximo.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Respostas cardiovasculares ao treinamento aeróbio e treinamento de força muscular

O treinamento físico promove uma série de adaptações na musculatura esquelética e cardíaca (PINGE, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2006; ALVES *et al.*, 2006), sendo a hipertrofia cardíaca uma das principais adaptações morfológicas (BRAGA *et al.*, 2006). A expressão “coração de atleta” tem sido amplamente empregada na literatura para caracterizar as adaptações que ocorrem no sistema cardiovascular causada pelo exercício físico de longa duração. Essa síndrome do coração de atleta é caracterizada por várias alterações fisiológicas e anatômicas, de caráter benigno e reversível, que correspondem a adaptações ao aumento da demanda energética durante o esforço repetitivo. Há aumento da força de contração, com melhor reserva cardíaca e melhor aproveitamento do oxigênio, mesmo em níveis máximos de trabalho. Para a mesma carga de esforço, em relação a um coração sedentário, um coração treinado apresenta menor duplo produto (frequência cardíaca x pressão sistólica máxima), através da redução do tônus simpático (PINGE, 2011).

Tais adaptações estão diretamente relacionadas ao tipo de treinamento a que o indivíduo é submetido.

O exercício físico com predominância aeróbia refere-se a movimentos que recrutam grandes grupos musculares, caracterizados por contração isotônica, predomínio da utilização de oxigênio como fonte energética. Os principais padrões hemodinâmicos são aumento da frequência cardíaca (FC) e do volume sistólico (VS), os dois componentes do débito cardíaco (DC). Portanto, a sobrecarga sobre o coração é predominantemente volumétrica, levando ao desenvolvimento de hipertrofia ventricular esquerda excêntrica (OLIVEIRA *et al.*, 2006).

Exercícios que apresentam o predomínio aeróbio mostram-se eficientes em proporcionar adaptações ao sistema cardiovascular (ALVES *et al.*, 2006; PINGE, 2011). A bradicardia de repouso tem sido utilizada como marcador dos efeitos do

treinamento físico aeróbio sobre o sistema cardiovascular e exemplifica o benefício do exercício físico reduzindo o esforço que o coração realiza em cada contração (PINGE, 2011). O treinamento de endurance aumenta a função do sistema cardiorrespiratório, a capacidade oxidativa e os estoques de glicogênio muscular (PAAVOLAINEN *et al.*, 1999).

Em contrapartida, o treinamento de força, realizado com pesos, objetiva melhorar o rendimento em esportes, o condicionamento físico, a estética e promoção da saúde, possuindo efeitos benéficos no aumento da força muscular, aumento da massa magra, manutenção ou aumento da atividade tecidual metabólica e aumento do controle e coordenação neuromuscular (SHAW *et al.*, 2010). No exercício contra resistência, estático ou isométrico, como aqueles praticados por levantadores de peso, praticantes de luta romana e fisiculturistas, a força é desenvolvida com uma tensão intramuscular elevada. Este tipo de exercício apresenta como consequência hemodinâmica, ligeira elevação do DC, resultante de aumento da FC e grande elevação da pressão arterial (PA), levando a sobrecarga de pressão no coração, que resulta em espessamento da parede ventricular esquerda sem diminuição da dimensão interna da cavidade, desenvolvendo hipertrofia ventricular esquerda concêntrica (FORJAZ *et al.*, 2006).

De acordo com PAAVOLAINEM *et al* (1999), o treinamento de força resulta de adaptações neural e hipertrofia muscular, sendo responsáveis primariamente pelo aumento do desempenho (PAAVOLAINEM *et al.*, 1999; GREEN *et al.*, 2003).

Souza *et al* (2008), avaliaram os efeitos do treinamento de resistência de força com alto número de repetições no $VO_{2m\acute{a}x}$ e LAV de mulheres. Os autores verificaram aumento significativo no pulso máximo de oxigênio para o grupo treinado comparado com o grupo controle, sem diferença significativa na frequência cardíaca máxima ($FC_{m\acute{a}x}$). Isso sugere que o treinamento de resistência de força aumentou o volume de ejeção e/ou a captação periférica de oxigênio no exercício máximo (SOUZA *et al.*, 2008).

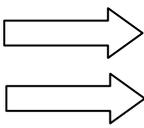
HO *et al* (2012), reportaram que o treinamento aeróbio combinado com o treinamento de força muscular é mais eficiente na melhoria dos fatores de risco para doença cardiovascular e na aptidão física ($VO_{2m\acute{a}x}$) de indivíduos com sobrepeso e obesos do que o exercício aeróbio ou força muscular isoladamente (HO *et al.*, 2012). No mesmo sentido, SHAW *et al* (2010), apontam que o treinamento aeróbio em adição ao treinamento resistido, resulta em uma significativa diminuição dos níveis de

colesterol total e aumento da lipoproteína de alta densidade (HDL), podendo ser considerado como uma alternativa e um tratamento efetivo na redução dos riscos e prevalência de doença arterial coronária em sujeitos masculinos, comparativamente ao treinamento aeróbio isoladamente (SHAW *et al.*, 2010).

3.2 O teste cardiopulmonar e a identificação das fases de transição do metabolismo aeróbio para anaeróbio

O teste cardiopulmonar de exercício (TCPE) ou ergoespirometria, avalia as respostas metabólicas, ventilatórias e cardiovasculares possibilitando-se prever com exatidão a capacidade aeróbia de um indivíduo ao realizar esforço físico (SILVA *et al.* 2011). Trata-se de um procedimento não invasivo, que, além de avaliar a capacidade de reserva funcional do sistema pulmonar e cardiovascular, fornece compreensão mais abrangente das respostas clínicas, eletrofisiológicas e hemodinâmicas quando comparadas à ergometria convencional, tornando-se, uma ferramenta de avaliação em indivíduos aparentemente saudáveis e pacientes com comprometimento cardiovascular e/ou pulmonar (BRAGA; NUNES, 2006; YASBECK *et al.*, 1998; GASKILL *et al.*, 2001; SIMÕES *et al.*, 2010). Na avaliação fisiológica de atletas, das mais variadas modalidades (GREEN *et al.*, 2003; HIRAKOBA; YUNOKI, 2002; ROSENBERGER *et al.*, 2012), é o teste que se impõe pela quantidade de informações e pela facilidade de execução. Durante o TCPE podem ser identificadas três fases de transição do metabolismo aeróbio/anaeróbio (SKINNER; MCLELLAN, 1980), com a caracterização do predomínio de metabolismo, substrato predominante, tipo de fibra muscular, intensidade relativa ao $VO_{2máx.}$, FC e concentração fixa de lactato descritos didaticamente no quadro abaixo:

Quadro 1- Caracterização das fases e limiares em um teste cardiopulmonar de exercício

	FASE 1	FASE 2	FASE 3
	Início	Limiar Aeróbio	Limiar Anaeróbio
Tipo de Metabolismo Predominante	Aeróbio		Anaeróbio
Substrato Predominante	Gordura > Carboidrato		Carboidrato > Gordura
Tipo de Fibra Muscular	I	I, IIa	I, IIa, IIb

Predominante				
Intensidade Relativa (% VO _{2máx})	40	60	65	90
Frequencia Cardíaca (bpm)	130	150	160	180
[] Lactato Sanguíneo (mMol)		~2		~4

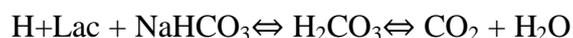
Adaptado de SKINNER, JS; MCLELLAN, TH. The Transition from aerobic to anaerobic metabolism. *Medline*, p. 234-248, 1980.

A concentração de lactato no sangue aumenta durante exercícios intensos, acompanhada por uma diminuição do bicarbonato e de aumento acelerado da produção de dióxido de carbono (VCO₂) (BEAVER; WASSERMAN; WHIPP, 1986b). Essas alterações podem ser observadas, realizando-se medidas diretas (AZEVEDO *et al.*, 2010; BARROS *et al.*, 2004; CHICHARRO *et al.*, 1999; DENADAI *et al.*, 2004a; SOUZA *et al.*, 2012; HIRAKOBA; YUNOKI, 2002; SIMÕES *et al.*, 2010; MOREL; ZAGATTO, 2008; OKANO *et al.*, 2006; PAAVOLAINEN *et al.*, 1999; ROCKER *et al.*, 1994; SANTHIAGO *et al.*, 2008; SANTOS; GOMES, 1998; SILVA *et al.*, 2005; BEAVER; WASSERMAN; WHIPP, 1986b) ou estimadas através da análise das respostas ventilatórias (WÍSEN; WOHLFART, 2004; ARAÚJO, 1983; BARSTOW *et al.*, 2000; BEAVER; WASSERMAN; WHIPP, 1986a; BISHOP *et al.*, 2009; BRUNETTO *et al.*, 2005; CHICHARRO; HOYOS; LUCÍA, 2000; DAVIS *et al.*, 1982; DEL COSO *et al.*, 2009; GREEN *et al.*, 2003; HAUTALA *et al.*, 2003; HIRAKOBA; YUNOKI, 2002; JUNIOR *et al.*, 2006; OKU *et al.*, 1996; GASKILL *et al.*, 2001; SIMÕES *et al.*, 2010; LENTI *et al.*, 2011; OKANO *et al.*, 2006; OSHIMA; MIYAMOTO, 1997; PHITON *et al.*, 2006; ROCCO *et al.*, 2012; ROCKER *et al.*, 1994; SANTOS; GOMES, 1998; SKINNER; MCLELLAN, 1980; SOUZA *et al.*, 2008; SUN *et al.*, 2002; TANEHATA *et al.*, 1999; WHIPP; DAVIS; WASSERMAN, 1989; WHIPP, 2006).

Wasserman *et al* (1986a), por exemplo, introduziram o termo “limiar anaeróbio”, propondo que parâmetros ventilatórios poderiam ser utilizados para se estimar o ponto de inflexão da curva de lactato sanguíneo. Os autores supracitados sugeriram o termo limiar anaeróbio (Lan), caracterizando-o num exercício de cargas crescentes, como um nível de intensidade a partir da qual a ventilação e a produção de CO₂ aumentam desproporcionalmente, elevando a razão de troca respiratória (RTR) expressa pela razão entre o gás carbônico produzido (VCO₂) e o consumo de oxigênio

(VO₂). A partir de determinada intensidade de esforço, o aumento de lactato torna-se exponencial, sendo tamponado preferencialmente pelo sistema do bicarbonato (MEYER *et al.*, 2004), resultando em um aumento da formação de CO₂ e conseqüentemente da pressão parcial de CO₂ no sangue (PaCO₂). Assim, no LAn o CO₂ produzido pelo metabolismo celular, determina um aumento na ventilação pulmonar (VE) em relação a intensidade de exercício (VO₂) (WHIP; DAVIS; WASSERMAN, 1989; DENADAI *et al.*, 2004b). A fonte principal deste CO₂ extra, resulta da dissociação do ácido carbônico (H₂CO₃), formado a partir do tamponamento do ácido láctico pelo bicarbonato sanguíneo (NaHCO₃), ou seja:

AC



Onde,

AC → enzima anidrase carbônica

H+Lac → associação do hidrogênio e lactato produzido

NaHCO₃ → bicarbonato sanguíneo

H₂CO₃ → ácido carbônico

CO₂ → dióxido de carbono

H₂O → água

Este “extra CO₂” adiciona-se ao CO₂ produzido aerobiamente e provoca incrementos ventilatórios (OKU *et al.*, 1996; WHIPP, 2006), que serão úteis para a detecção não invasiva do limiar de lactato (LL) estimado. Desta forma, pode-se caracterizar o LL pelo aumento da VE/VO₂ e da PETO₂ estando estabilizada a VE/VCO₂ e a PETCO₂ (NEDER; NERY, 2002).

Posteriormente, Hollman *et al* (1997), introduziram o conceito de “início do metabolismo anaeróbio” para mensurar a performance cardiorrespiratória. Os autores observaram que durante o exercício com incrementos de carga, a cada 3 minutos, atingia-se um ponto onde a ventilação pulmonar (VE) aumentava em maior grau do que VO₂, coincidindo com alterações no lactato sanguíneo. Hollman definiu este momento do exercício como “ponto de ótima eficiência ventilatória” (HOLLMAN *et al.*, 1997).

Muitos estudos encontrados na literatura, (PITHON, *et al.*, 2006; BEAVER; WASSERMAN; WHIPP, 1986a; WISÉN; WOHLFART, 2004; BRUNETTO *et al.*, 2004; CHICHARRO; HOYOS; LUCÍA, 2000; DAVIS *et al.*, 1982; GASKILL *et al.*, 2001; SIMÕES *et al.*, 2010; LENTI *et al.*, 2011; LOURENÇO *et al.*, 2007; DEL COSO *et al.*, 2009; OKANO *et al.*, 2006), têm reportado a identificação do LAV e PCR pela análise das respostas ventilatórias e encontrado correlação entre o LL, identificado diretamente e o LAV (SOUZA *et al.*, 2012; OKANO *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2005). O LAV é considerado marcador da transição do metabolismo aeróbio/anaeróbio (MOREL; ZAGATTO, 2008) e tem sido empregado na avaliação da capacidade funcional em níveis submáximos (PITHON *et al.*, 2006; GASKILL *et al.*, 2001).

A partir da identificação do LAV, ocorre um aumento súbito na concentração de lactato sanguíneo (DENADAI, 1995), indicando o início da contribuição do metabolismo anaeróbio para a manutenção da intensidade do esforço. O LAV representa o funcionamento submáximo do metabolismo oxidativo, tendo a produção de lactato aumentada devido à desproporção entre a velocidade da glicólise e a taxa de oxidação mitocondrial (LOURENÇO, 2007; BENETTI; TARGINO; CARVALHO, 2000). Neste sentido, o grau de lactacemia para um dado dispêndio metabólico tem sido amplamente utilizado como marcador de aptidão cardiorrespiratória e delimitador da intensidade de exercício (NEDER; NERY, 2002). A partir da análise das respostas ventilatórias, divide-se um teste progressivo em três fases em consequência do desenvolvimento da acidose láctica (CHICHARRO; HOYOS; LUCÍA, 2000). A fase I representa as alterações gasosas partindo do início do teste até o LAV, onde a produção de CO₂ (VCO₂) ainda é derivada principalmente do metabolismo oxidativo; a fase II que compreende o período do LAV ao PCR, também chamado de TI (LENTI *et al.*, 2011; HIRAKOBA; YUNOKI, 2002; OSHIMA; MIYAMOTO, 1997), caracteriza-se por um aumento da VE em resposta a maior VCO₂, com regulação da PaCO₂ e a fase III ou HVV que vai do PCR até o fim do teste, representa o ponto de compensação respiratória para acidose metabólica com diminuição da PaCO₂ (GREEN *et al.*, 2003; DEL COSO *et al.*, 2009; CHICHARRO; HOYOS; LUCÍA, 2000). Os pontos que limitam estas três fases são conhecidos como LAV, entre a fase I e II e PCR entre a fase II e fase III (CHICHARRO; HOYOS; LUCÍA, 2000).

3.3 Tamponamento isocápnico

A fase II do TCPE chamado de tamponamento isocápnico (TI), compreende o período entre o LAV e PCR, e é caracterizado pelo ajuste que o organismo busca realizar, através do tamponamento do bicarbonato, entre outros, frente ao acúmulo de ácido láctico proveniente do exercício físico (CHICHARRO; HOYOS; LUCÍA, 2000; OSHIMA; MIYAMOTO, 1997).

A capacidade de tamponar, que pode ser entendida como a habilidade do tecido em resistir a mudanças do pH e ao aumento do ácido láctico, é um fator modificável com o treinamento (JUEL, 1998; CHICHARRO., *et al* 1999; ROCKER, *et al* 1994). Além disso, a formação e o acúmulo de lactato são menores em indivíduos treinados comparados com sujeitos não treinados, devido a adaptações musculares específicas que dependem do nível de atividade muscular, ocasionando uma remoção de lactato/H⁺ elevada em níveis submáximos (JUEL, 1998).

De acordo com ROCKER *et al* (1994), que comparou corredores de 400 metros e de longa distância, é possível através de uma fórmula calcular a capacidade relativa de tamponamento:

$$\text{relFB} = \frac{V_{\text{PCR(km/h)}} - V_{\text{LAV(km/h)}}}{V_{\text{PCR(km/h)}}} \times 100 \text{ onde,}$$

$$V_{\text{PCR(km/h)}}$$

relFB \implies capacidade de tamponar;
 V_{PCR} \implies velocidade no PCR;
 V_{LAV} \implies velocidade no LAV;

Os autores utilizaram da velocidade encontrada no LL e a velocidade no PCR para relativizar a capacidade de tamponar dos sujeitos à velocidade encontrada no PCR (ROCKER *et al.*, 1994).

Hirakoba *et al* (2002), compararam as mudanças na concentração de lactato, durante a fase de TI entre corredores de curta e longa distância. Os autores relataram que os corredores de velocidade, apresentaram maior acúmulo de lactato durante a fase de tamponamento quando comparado ao grupo de longa distância, mas o incremento de

carga foi maior nos corredores que percorriam distâncias maiores. Em trabalho similar, Del Coso *et al* (2009), compararam a fase de tamponamento entre ciclistas treinados e não treinados. Os autores concluíram que o treinamento de resistência confere adaptações neuromusculares importantes aos indivíduos treinados, especialmente quando se realiza exercício de alta intensidade, entretanto não houve diferenças na regulação do pH sanguíneo no PCR (DEL COSO *et al.*, 2009).

Oshima *et al* (1997) também buscaram identificar a relação entre a fase de TI e a capacidade aeróbia máxima em atletas corredores velocistas, meio fundistas e de longa distância. Os autores encontraram uma fase de tamponamento maior em atletas com maior $VO_{2máx.}$, quando comparados aos atletas com $VO_{2máx.}$ menor (OSHIMA *et al.*, 1997).

Nesse contexto, foram encontrados poucos trabalhos na literatura, estudando a fase de TI em grupos distintos de treinamento com predominância aeróbia e anaeróbia (ROCKER *et al.*, 1994; HIRAKOBA; YUNOKI, 2002; OSHIMA *et al* 1997; HIRAKOBA; YUNOKI, 2002), sendo que, estes trabalhos foram realizados em corredores de curta, meio fundistas e de longa distância, e em ciclistas (DEL COSO *et al.*, 2009).

Dessa forma, o comportamento das variáveis cardiopulmonares entre atletas treinados aerobiamente e atletas treinados em exercícios de força muscular, permitirá um melhor esclarecimento sobre a especificidade dessa fase de transição, já que a particularidade do LAV para o tipo de exercício, possivelmente está mais ligada à perfusão do tecido muscular em atividade (ARAÚJO, 1983).

4. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado como análise parcial dos dados do projeto intitulado “Parâmetros estruturais e funcionais do coração e de vasos sanguíneos de indivíduos submetidos, por longo prazo, ao treinamento aeróbio e resistido” (ESCHOT- Estudo da saúde cardiovascular do homem treinado), realizado na clínica de investigação cardiovascular (CIC) do Programa de pós-Graduação em Ciências Fisiológicas da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). O ESCHOT foi desenvolvido com a finalidade de avaliar como estas duas modalidades de exercício praticadas por longo prazo podem afetar os parâmetros cardiovasculares, bioquímicos e metabólicos de indivíduos do gênero masculino.

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Humanos do Centro de Ciências da Saúde da UFES (Anexo I - protocolo 009/10).

4.1 Delineamento e seleção amostral

Essa pesquisa se caracteriza como observacional e transversal. A amostra baseada na comunidade foi constituída através de convite feito pelos pesquisadores nos espaços de interesse da região metropolitana da cidade de Vitória – Espírito Santo.

Os participantes foram convidados e solicitados a preencher um questionário de seleção amostral (apêndice II) solicitando informações pessoais, hábitos e indicadores de saúde e doença, prática de exercício e hábitos de vida.

Com base nas respostas do questionário foram selecionados três grupos classificados de acordo com critérios gerais e específicos. Pelos critérios gerais foram incluídos homens, de 20 a 55 anos de idade, aparentemente saudáveis, sem histórico de doença cardiovascular ou morte súbita em parentes de primeiro grau, isentos de uso de medicação de utilização contínua.

Foram eleitos para o grupo corredores de endurance (CE) os indivíduos que satisfizeram os critérios gerais e os seguintes critérios específicos: corredores de rua com no mínimo dois anos de experiência em corrida predominantemente aeróbia de longa distância, com frequência mínima semanal de quatro sessões de treinamento, e mínimo de 40 km percorridos por semana em treinamento.

Para o grupo exercício resistido intenso (ERI), foram eleitos os indivíduos que satisfizeram os critérios gerais e os seguintes critérios específicos: praticantes de exercício resistido há no mínimo dois anos sem interrupção e submetidos no mínimo 90% de todo o período de treinamento à alta intensidade de carga (mínimo 75% de 1 repetição máxima - 1RM).

O grupo controle (CON) foi constituído por indivíduos que satisfizeram os mesmos critérios gerais, mas encontravam-se há no mínimo seis meses sem praticar exercícios de forma sistematizada e regular.

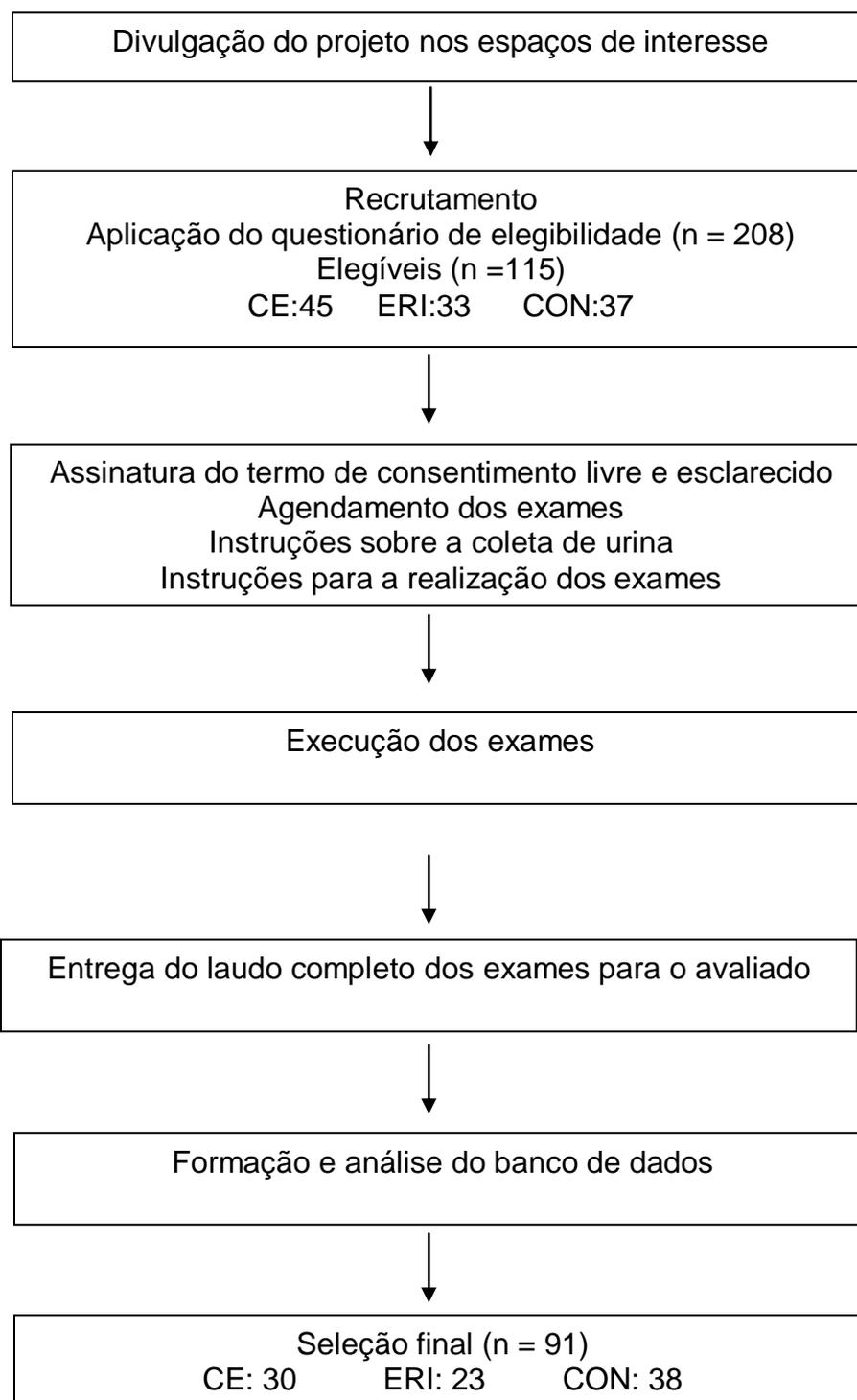
Não foram incluídos no estudo tabagistas, etilistas habituais ou portadores de qualquer limitação física que dificultasse a realização dos exames.

Após a seleção, os elegíveis assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (apêndice II), ficando cientes dos potenciais benefícios e riscos envolvendo a participação no estudo.

Após a coleta de dados, foram utilizados parâmetros cardiopulmonares e antropométricos com o intuito de caracterizar os indivíduos em cada grupo e equiparar os grupos de acordo com o desempenho físico. Assim, para o CE o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2\text{máx.}}$) e a velocidade máxima no teste de função cardiopulmonar, e para o ERI, o somatotipo, o IMC e o IMC corrigido pela massa magra, foram os critérios para caracterizar os indivíduos de acordo com a modalidade de treino.

Os critérios de inclusão após a análise do banco de dados foram específicos por grupo. Do CE foram selecionados para análise os corredores que satisfizeram pelo menos dois de três parâmetros no teste cardiopulmonar: 1) velocidade máxima no teste superior a 15 km/h; 2) $VO_{2\text{máx.}}$ superior a 50 $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (critério quantitativo), 3) capacidade cardiopulmonar excelente (critério qualitativo). Do ERI foram selecionados os indivíduos que satisfizeram três parâmetros antropométricos em conjunto: 1) IMC superior a 27; 2) IMC relativo (corrigido pela massa magra) superior a 23; 3) grau de mesomorfia superior a seis.

O diagrama abaixo resume o processo de seleção da amostra final.



Fluxograma: Etapas de seleção da amostra. CE: corredores de endurance; ERI: praticantes de exercícios resistidos intensos; CON: grupo controle.

4.2 Execução dos exames

Os indivíduos foram submetidos a uma bateria de testes e foram orientados a não praticar exercícios intensos no dia anterior aos exames, não ingerir bebidas alcoólicas ou suplementos que contivessem substâncias tais como cafeína, efedrina, albuterol, ou qualquer substância que pudesse influenciar o resultado dos exames.

Os indivíduos apresentavam-se na CIC em jejum de 12 horas, aproximadamente às 7 horas da manhã.

Os seguintes exames foram realizados por uma ordem de fluxo individual: 1) Antropometria; 2) Coleta de sangue; 3) Coleta de urina; 4) Medida de pressão arterial de repouso; 5) Dilatação mediada por fluxo; 6) Eletrocardiograma de repouso (ECG); 7) Velocidade de onda de Pulso (VOP), 8) Tonometria de aplanção; 9) Variabilidade da Frequência cardíaca; 10) Teste de 4 segundos; 11) Ecocardiograma; 12) Teste pressórico do frio; 13) Teste de função cardiopulmonar.

Para a finalidade do presente estudo foram extraídos do banco de dados informações referentes à antropometria e ao teste cardiopulmonar.

4.2.1 Antropometria

As medições foram realizadas segundo as diretrizes da Sociedade Internacional para o Avanço da Cineantropometria (STEWART *et al.*, 2011). Foram determinadas as seguintes variáveis em cada indivíduo: o peso corporal, a estatura, nove dobras cutâneas (tricipital, subescapular, bicipital, peitoral, axilar média, supra-ilíaca, abdominal, medial da coxa e medial da perna), dois perímetros musculares (braço e perna) e dois diâmetros ósseos (biepicôndilo umeral e femoral).

O peso foi medido em uma balança Toledo com precisão de 0,01kg; a estatura, através do estadiômetro Seca com precisão de 1mm (modelo 216, Alemanha), através dos quais foi calculado o índice de massa corporal. A espessura das dobras cutâneas foi aferida utilizando-se um compasso científico Mitutoyo/CESCORF com precisão de 1 mm; os perímetros ósseos com o auxílio de uma fita flexível Sanny com precisão de 1mm; e os diâmetros ósseos, com um paquímetro de braço retrátil médio Sanny com precisão de 1mm.

Os valores de cada componente do somatotipo foram derivados das medidas antropométricas: peso, estatura, diâmetros biepicondilar do úmero e joelho direitos, circunferências do braço e perna direitos, e dobras cutâneas tricipital, suprailíaca, subescapular e perna medial, todas aferidas no lado direito. As medidas foram utilizadas para compor os graus de endomorfia, mesomorfia e ectomorfia. O somatotipo foi calculado pelo método proposto por Heath e Carter, 1967 (SILVA *et al.*, 2003).

Para o grau de endomorfia adotou-se a fórmula descrita abaixo:

$$\text{Endomorfia} = -0,7182 + 0,1451 (x) - 0,00068 (x) + 0,0000014 (x)$$

Onde, x = somatório das dobras TR + SI + SE

Correção das dobras pela estatura

Somatório das dobras corrigido = Somatório das dobras x 170.18 / Estatura.

TR= tríceps; SI= supra-ilíaca; SE= sub-escapular;

Para o grau de mesomorfia,

$$\text{Mesomorfia} = 0,858 (U) + 0,601 (F) + 0,188 (B) + 0,161 (P) - 0,131 (H) + 4,50$$

Onde,

U= Diâmetro úmero

F= Diâmetro fêmur

B= Circunferência de braço corrigido

P= Circunferência de perna corrigida

H= Estatura

Correções para excluir o tecido adiposo da medida da massa muscular:

$$\text{CBC} = \text{CB} - (\text{DCTR}/10)$$

$$\text{CPC} = \text{CP} - (\text{DCPM}/10)$$

onde:

CBC = circunferência de braço corrigida

CPC = circunferência de perna corrigida

CB = circunferência de braço

CP = circunferência de perna

DCTR = dobra cutânea de tríceps

DCPM = dobra cutânea de perna medial

Para o grau de ectomorfia,

Ectomorfia:
Calcular IP (Índice Ponderal) = estatura/raiz cúbica do peso corporal

Se IP > 40,75 , então: Ectomorfia = (IP x 0,732) – 28,58

Se IP estiver entre 38,25 e 40,75 , então: Ectomorfia = (IP x 0,463) – 17,63

Para todos os casos em que $IP \leq 38,25$, atribui-se 0,1 ao valor do componente ectomorfia.

Como não existem pontos de corte para os graus de cada componente, a distinção entre os grupos foi feita de forma arbitrária tomando como base um padrão de somatotipo em fisiculturistas de elite brasileiros (SILVA *et al.*, 2003).

4.2.2 Teste cardiopulmonar de exercício (TCPE)

A medida direta dos parâmetros cardiopulmonares foi realizada com a análise dos gases, pelo teste cardiopulmonar em esteira (Inbra Sport Super ATL, Porto alegre, Brasil).

Após um período de repouso em uma sala silenciosa mantida a temperatura ambiente entre 21 e 24° C, a pressão arterial (PA) era aferida e os indivíduos encaminhados para a esteira onde eram equipados com a máscara conectada ao pneumotacômetro para medida do fluxo de ar e análise dos gases expirados. Os indivíduos eram orientados sobre os procedimentos de realização do teste, que incluíam: permanecer respirando normalmente, não usar como apoio o corrimão da esteira durante a caminhada ou corrida, a não ser em caso de necessidade e ao final do teste; solicitar interrupção do teste em caso de dor localizada, ou qualquer outro desconforto.

O teste foi realizado em esteira rolante motorizada (Inbra sport Super ATL, Porto Alegre, Brasil) mantida com inclinação de 1% seguindo um protocolo de rampa individualizado, objetivando uma duração entre 10 e 12 minutos. A velocidade era incrementada gradativamente até que o indivíduo atingisse a exaustão. O incremento da

velocidade diferiu entre os grupos. Para o CE iniciava-se o teste a uma velocidade de 6km/h com um incremento de velocidade a cada 15 segundos. Para o ERI e CON o teste iniciava-se a uma velocidade de 5km/h com o incremento de velocidade a cada 15 segundos.

4.2.3 Análise de Gases

As variáveis ventilatórias e de troca gasosa foram mensuradas a cada respiração durante a avaliação cardiorrespiratória utilizando um procedimento de espirometria em circuito aberto por meio do analisador de gases (Cortex Metamák 3B, Leipzig, Alemanha), com coleta de 20 em 20 segundos, sendo analisados com a ajuda do programa Metasoft. A unidade do Cortex foi calibrada pelo método de calibração de circuito fechado, através de gás de calibração (cilindro de %O₂ e %CO₂ original, fornecido pelo fabricante), o que permitiu uma nova calibragem antes de cada novo teste.

4.2.4 Escala Alométrica

Para determinar a relação entre o consumo de oxigênio no LAV, PCR e MÁX e a massa corpórea dos sujeitos, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$VO_2 = aM^b, \text{ onde}$$

a é coeficiente de proporcionalidade, M é a massa corpórea em kg e b é o expoente, valor numérico que pode ser obtido através da expressão logarítmica linear ($\log VO_2 = \log a + b \times \log M$). Na presente investigação, adotou-se o valor de $b = 0,73$, de acordo com o trabalho de Jensen *et al.*, 2001 que objetivaram avaliar a influência da massa corpórea no consumo de oxigênio máximo de 967 atletas representantes de 25 diferentes esportes. Os autores identificaram que o expoente para o $VO_{2m\acute{a}x}$ aproximou-se de 0,73 (JENSEN *et al.*, 2001).

4.2.5 Cálculo EC_{INCLINA}

O coeficiente angular gerado a partir da relação VO_2 vs intensidade (EC_{INCLINA}), foi determinado dividindo-se o VO_2 (ml.kg⁻¹.min⁻¹) pela velocidade (km/h) nas intensidades de 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% e 100% do TCPE.

4.3 Determinação do LAV e PCR

O LAV foi determinado sempre pelos mesmos dois avaliadores e de forma independente, utilizando como critério o método visual da perda da linearidade da relação entre o consumo de oxigênio e a produção de dióxido de carbono (v-slope) (BEAVER; WASSERMAN; WHIPP, 1986). Para apoiar a confirmação do limiar pelo v-slope, também foi utilizado o ponto mais baixo do equivalente ventilatório de oxigênio (VE/VO_2) antes de seu aumento sustentado, sem aumento concomitante do equivalente ventilatório de dióxido de carbono (VE/VCO_2) (REINHARD *et al.*, 1979).

O PCR foi identificado a partir da inspeção gráfica dos dados da VE/VO_2 e VE/VCO_2 , onde observava-se um aumento sistematizado dos equivalentes ventilatórios com confirmação pelo maior valor da $P_{et}CO_2$, precedendo sua queda abrupta (PHITON *et al.*, 2006).

Uma resposta gráfica típica dos equivalentes ventilatórios e das pressões expiradas de oxigênio e dióxido de carbono é apresentada na figura 1. Para o presente estudo, foi realizada a análise das seguintes variáveis cardiovasculares extraídas do TCPE:

- VO_2 → consumo de oxigênio (O_2) pelo organismo numa determinada intensidade de exercício;
- Pulso O_2 → é uma medida indireta do transporte de oxigênio cardiopulmonar. É calculado dividindo-se o consumo de oxigênio (VO_2) pela frequência cardíaca (FC); reflete o quanto de O_2 é transportado a cada sístole cardíaca;
- FC → expressa o número de batimentos cardíacos;
- VE → A ventilação pulmonar (VE) é o volume de ar que se move para dentro e para fora dos pulmões;
- VCO_2 → expressa a produção de dióxido de carbono (CO_2) pelo organismo durante o exercício;
- RTR → expressa a relação entre CO_2 produzido e o O_2 consumido;
- VE/VO_2 → O equivalente ventilatório para o O_2 (VE/VO_2), representa a necessidade ventilatória para fornecer O_2 aos tecidos em atividade;
- VE/VCO_2 → O equivalente ventilatório para o CO_2 (VE/VCO_2) representa a necessidade ventilatória para eliminar uma determinada quantidade de CO_2 produzido pelos tecidos em atividade;

- PET_{O_2} → representa o quanto de oxigênio está sendo utilizado nos tecidos em atividade;
- PET_{CO_2} → representa a produção de dióxido de carbono pelos tecidos em atividade;

4.4 Fases de Transição Metabólica

Nas figuras 1A e 1B, podemos identificar as três fases de transição metabólica em função das respostas ventilatórias pela análise dos comportamentos dos equivalentes ventilatórios de O_2 e de CO_2 (VE/VO_2 e VE/VCO_2) e da pressão expirada de O_2 e CO_2 (Pet_{O_2} e Pet_{CO_2}) em um dos sujeitos do grupo exercício resistido intenso (ERI) e em um dos sujeitos do grupo corrida de endurance (CE), respectivamente (figuras 1A e 1B).

Figura 1A. Identificação das fases do TCPE em um dos sujeitos do grupo ERI

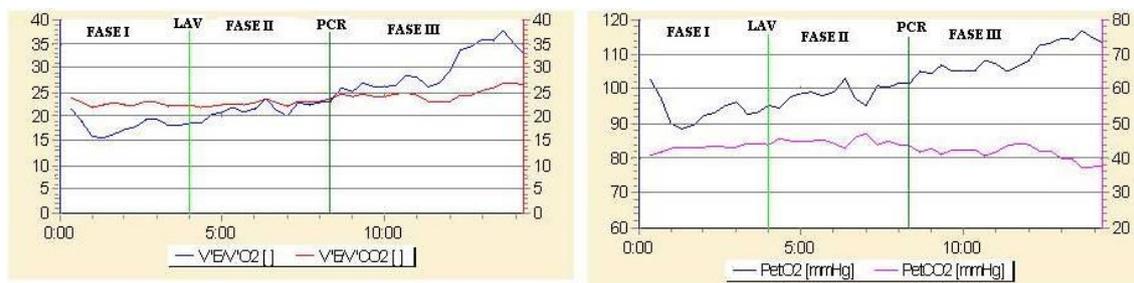


Figura 1A. Identificação do limiar anaeróbio ventilatório (LAV), do ponto de compensação respiratória (PCR) e das fases de transição de intensidade do teste cardiopulmonar de exercício em um indivíduo do grupo ERI (*exercício resistido intenso*). VE/VO_2 (*equivalente ventilatório de oxigênio*); VE/VCO_2 (*equivalente ventilatório de dióxido de carbono*); Pet_{O_2} (*pressão expirada de oxigênio*); Pet_{CO_2} (*pressão expirada de dióxido de carbono*); LAV (*limiar anaeróbio ventilatório*); PCR (*ponto de compensação respiratória*).

Figura 1B. Identificação das fases do TCPE em um dos sujeitos do grupo CE

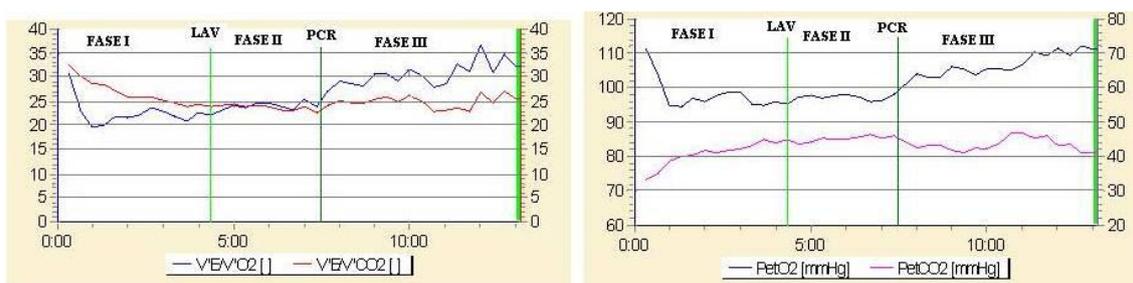


Figura 1B. Identificação do limiar anaeróbio ventilatório (LAV), do ponto de compensação respiratória (PCR) e das fases de transição de intensidade do teste cardiopulmonar de exercício em um indivíduo do grupo CE (*corredor de endurance*). VE/VO_2 (*equivalente ventilatório de oxigênio*); VE/VCO_2 (*equivalente ventilatório de dióxido de carbono*); $PetO_2$ (*pressão expirada de oxigênio*); $PetCO_2$ (*pressão expirada de dióxido de carbono*); LAV (*limiar anaeróbio ventilatório*); PCR (*ponto de compensação respiratória*).

A fase de transição metabólica foi definida como a magnitude de diferença (Δ) de determinada variável referente ao PCR subtraída do momento referente ao LAV, sendo consideradas:

- Carga de transição
- VO_2 de transição
- Pulso de O_2 transição
- FC transição
- VE transição
- VCO_2 transição
- RTR transição
- VE/VCO_2 transição
- $PetO_2$ e $PetCO_2$ transição

Os critérios para aceitar o teste como máximo se resumiram em: a) exaustão voluntária; b) FC máxima atingida no teste estar pelo menos a 90% da prevista para a idade (220-idade); c) razão de troca respiratória igual ou acima de 1,1; d) consumo máximo de oxigênio, observado pelo conceito de pico (HOWLEY,1995).

O teste era interrompido seguindo as recomendações das diretrizes para a prescrição de testes e exercícios (ACSM, 2011) ou a critério médico.

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A normalidade dos dados foi testada com o teste Shapiro Wilk. A análise de variância de uma via (ANOVA *one way*) foi utilizada para comparação entre os grupos que apresentaram distribuição normal, e quando uma diferença significativa foi detectada procedeu-se o teste de comparação múltipla de Tukey Kraemer.

As variáveis que não apresentaram distribuição normal foram tratadas com o teste de Kruskal-Wallis, e quando foi detectada diferença significativa entre os grupos foi utilizado o teste de comparação múltipla de Dunn.

Um nível de probabilidade menor do que o valor alfa fixado em 5% foi considerado significativo.

A análise dos dados foi realizada com o auxílio do software Sigma Stat versão 3.5.

5. RESULTADOS

Na Tabela 1 estão descritas as características antropométricas e etárias. A idade dos sujeitos variou entre 21 e 55 anos, apresentando diferenças entre o grupo CE comparando-o ao grupo CON e ao grupo ERI. Indivíduos submetidos por longo prazo ao treinamento físico apresentam adaptações morfológicas que diferem dos indivíduos do grupo CON. Assim, o peso corporal e o índice de massa corpórea (IMC) são bem maiores em praticantes de exercícios resistidos intensos. A análise do somatotipo auxilia na interpretação de que o maior peso e IMC não podem ser atribuídos a maior massa de gordura, uma vez que a mesomorfia, que indica o grau de proeminência muscular é superior nestes sujeitos quando comparados ao grupo CE e grupo CON.

Tabela 1. Características antropométricas e etárias dos grupos

	CON	ERI	CE
IDADE (anos)	33±6(32)	32±7(30)	38±8(38) ^{*†}
ESTATURA (cm)	176,5±6,0(176,0)	176,2±8,7(176,0)	173,3±6,8(172,0)

PESO (kg)	76,3±12,5(2,10)	88,3±14,3(87,4) ^{#*}	68,7±9,0(71,5)
IMC (kg/m ²)	23,5±3,4(23,8)	28,3±3,6(27,8) ^{#*}	22,7±2,2(22,3)
ENDOMORFIA	5,8±2,4(5,4)	5,0±1,6(4,5)	4,1±1,7(3,7) [†]
MESOMORFIA	4,1±1,2(4,2)	6,7±1,3(4,1) ^{#*}	4,4±1,0(4,3)
ECTOMORFIA	2,5±1,5(2,0)	1,6±1,2(1,1) ^{#*}	2,6±1,0(2,8)
PERÍMETRO BDC(cm)	32,4±3,0(31,9)	41,9±2,8(42,0) ^{#*}	31,1±2,3(31,5)
DCT (mm)	9,3±3,6(9,0)	6,2±2,1(5,9) [#]	6,1±2,2(5,5) [†]

Valores expressos em média ± DP (mediana); *P<0,05 vs CE; †P<0,05 vs CON; #P<0,05 vs CON; BDC(*braço direito contraído*); DCT (*dobra cutânea tricepital*); CON (*controle*); ERI (*exercício resistido intenso*); CE (*corredores de endurance*).

Na Tabela 2 são apresentados os parâmetros cardiorrespiratórios entre os grupos durante o TCPE. O grupo CE apresentou valores superiores de VO_{2LAV}, VO_{2PCR}, bem como o valor absoluto do VO_{2máx.}, comparado ao grupo CON e grupo ERI. Da mesma forma, o pulso de oxigênio que expressa o volume de oxigênio, que está sendo ofertado a cada contração cardíaca, foi superior nos corredores. Diferenças significativas para a FC_{REP.} também foi encontrada nestes indivíduos, o que confirma a distinção da capacidade cardiopulmonar nestes atletas. Os atletas de força muscular apresentaram diferenças em relação ao grupo CON, quanto a FC_{PCR} e FC_{PICO}.

Tabela 2. Parâmetros cardiorrespiratórios entre os grupos durante o TCPE

	CON	ERI	CE
VO _{2LAV} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	24±6(22)	26±6(25)	36±8(35) ^{#†}
VO _{2LAV} (ml.kg ^{-0,73} .min ⁻¹)	75±27(71)	88±20(87)	112±23(109) ^{*†}
VO _{2PCR} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	35±5(35)	35± 6(33)	46± 8(44) ^{*†}
VO _{2PCR} (ml.kg ^{-0,73} .min ⁻¹)	112± 32(111)	117± 19(116)	141± 33(139) ^{*†}
VO _{2máx.} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	40±6(39)	40±7(40)	51±8(50) ^{*†}
VO _{2máx.} (ml.kg ^{-0,73} .min ⁻¹)	116± 38(124)	136± 20(134)	153± 34(154) ^{*†}
PULSO de O _{2LAV} (ml.kg.min ⁻¹ .bpm)	0,162	0,182	0,321 ^{†*}

PULSO de O ₂ PCR (ml.kg.min ⁻¹ .bpm)	0,196	0,210	0,274**†
PULSO de O ₂ máx. (ml.kg.min ⁻¹ .bpm)	0,209	0,215	0,287†*
FC _{REP} (bpm)	60±8(61)	58±7(57)	52±6(53)†*
FC _{LAV} (bpm)	142±20(141)	140±20(142)	140±15 (140)
FC _{PCR} (bpm)	174±14(177)	163±18(168) [#]	165±14(166)†
FC _{VO₂máx.} (bpm)	185± 15(189)	179± 11(180)	176± 13(177)†
FC _{PICO} (bpm)	190±10(189)	181±8 (180) [#]	179±11 (178)†

Valores expressos em média ± DP (mediana); *P<0,05 vs ERI; †P< 0,05 vs CON; [#]P<0,05 vs CON (diferença significativa entre os grupos). ANOVA one way. LAV (*limiar anaeróbio ventilatório*); PCR (*ponto de compensação respiratória*); REP (*repouso*); FC (*frequência cardíaca*); CON (*controle*); ERI (*exercício resistido intenso*); CE (*corredores de endurance*).

Os parâmetros ventilatórios obtidos durante o TCPE podem ser observados na Tabela 3. Diferença significativa quanto a VE_{LAV} e VE_{PCR} entre o CE e grupo CON. A análise da VCO_{2LAV} foi inferior no CON comparados ao grupo CE e grupo ERI e para VCO_{2PCR}, diferença significativa em relação ao grupo CE. A RTR_{PCR} que expressa a razão entre o VCO₂ e VO₂, foi significativamente diferente para o grupo ERI em relação ao grupo CON e grupo CE. A PetCO₂ se manteve estabilizada nos momentos referentes ao LAV, PCR e MÁX sem diferenças entre os grupos.

Tabela 3. Parâmetros ventilatórios durante o TCPE

	CON	ERI	CE
VE _{LAV} (l.min ⁻¹)	45±14(44)	54±12(54)	62± 14(59)†
VE _{PCR} (l.min ⁻¹)	74±18(70)	82±15(80)	93±17(96)†
VE _{MÁX} (l.min ⁻¹)	91±16(92)	105±16(101) [#]	108±16(112)†
VCO _{2LAV} (l.min ⁻¹)	1,64± 0,51(1,54)	2,09± 0,49(2,11) [#]	2,39± 0,56(2,26)†
VCO _{2PCR} (l.min ⁻¹)	2,82± 0,64(2,74)	3,11± 0,52(3,06)	3,45± 0,54(3,41)†
VCO _{2MÁX} (l.min ⁻¹)	3,91±0,66(3,27)	3,33±0,67(3,74) [#]	4,04±0,54(4,00)†
RTR _{LAV}	0,92± 0,10(0,92)	0,92± 0,07(0,90)	0,98± 0,19(0,95)
RTR _{PCR}	1,09± 0,08(1,08)	1,03± 0,05(1,02) [#]	1,12± 0,20(1,08)*
RTR _{MÁX}	1,16±0,07(1,15)	1,12±0,07(1,12)	1,17±0,12(1,16)
VE/VO _{2LAV}	24±12(22)	23±3(22)	24±3(24)

VE/VO ₂ PCR	27±4(27)	26±3(26)	28±4(28)
VE/VO ₂ MÁX	31±4(30)	29±3(28)	30±4(30)
VE/VCO ₂ LAV	25± 2(25)	24± 2(24)	25± 2(25)
VE/VCO ₂ PCR	25±3(26)	25±2(25)	26±2(25)
VE/VCO ₂ MÁX	27±3(26)	26±2(26)	26±2(25)
PetO ₂ LAV(mmHg)	99±6(101)	100± 6(99)	102± 5(102)
PetO ₂ PCR(mmHg)	107±5(107)	105± 5(104)	107± 5(106)
PetO ₂ MÁX(mmHg)	110±5(110)	108±4(107)	108±4(109)
PetCO ₂ LAV(mmHg)	42±3(43)	43± 4(42)	42± 3(41)
PetCO ₂ PCR(mmHg)	42±4(41)	42±4(42)	41±4(40)
PetCO ₂ MÁX	40±4(40)	40±4(40)	40±4(40)

Valores expressos em média ± DP (mediana) ; *P<0,05 vs ERI; †P< 0,05 vs CON; #P<0,05 vs CON; VE (ventilação minuto); VCO₂ (produção de dióxido de carbono); RTR (razão de troca respiratória); VE/VCO₂ (equivalente ventilatório de dióxido de carbono); PetO₂ (pressão expirada de oxigênio); PetCO₂ (pressão expirada de dióxido de carbono); LAV (limiar anaeróbio ventilatório); PCR (ponto de compensação respiratória); CON (controle); ERI (exercício resistido intenso); CE (corredores de endurance).

O incremento de carga no decorrer do TCPE e as respectivas velocidades atingidas pelos grupos nos momentos referentes ao LAV, PCR e a velocidade final do teste, podem ser observados na Tabela 4. O grupo CE, em relação ao CON e ao ERI, foi significativamente superior.

Tabela 4. Características de Incremento no TCPE

	CON	ERI	CE
Incremento de Carga (km/min)	0,69±0,10(0,69)	0,78±0,11(0,79)	1,10±0,27(1,06) ^{**†}
Velocidade LAV (km/h)	7,7±1,2(7,4)	8,1±1,3(7,8)	11,1±2,3(10,9) ^{**†}
Velocidade PCR (km/h)	10,6±1,8(10,3)	10,8± 1,6(11,0)	15,2±2,4(15,3) ^{**}
Velocidade Final (km/h)	12,8± 2,0(12,9)	12,8±1,7(12,6)	17,5±2,9(16,8) ^{**†}

Valores expressos em média ± DP (mediana).*P<0,05 vs ERI; †P< 0,05 vs CON (diferença significativa entre os grupos). ANOVA one way. LAV (limiar anaeróbio ventilatório); PCR (ponto de compensação respiratória); CON (controle); ERI (exercício resistido intenso); CE (corredores de endurance).

A fase de transição metabólica pode ser interpretada como um ajuste metabólico que o organismo realiza a medida que a intensidade do exercício aumenta. Na Tabela 5, podemos verificar os parâmetros cardíacos, metabólicos e de trabalho nos três grupos durante a fase de TI. O grupo CE apresentou maior incremento de carga de trabalho e redução do incremento do pulso de oxigênio comparado ao grupo CON e grupo ERI.

Tabela 5. Parâmetros cardíacos, metabólicos e de trabalho na fase de Transição Metabólica

	CON	ERI	CE
CARGA (km/h)	2,7± 1,6(2,2)	2,8± 1,0(2,7)	4,2± 1,6(4,1) ^{**†}
VO ₂ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	10± 5(10)	9± 4(8)	10± 5(10)
PULSO de O ₂ (ml.kg.min ⁻¹ .bpm ⁻¹)	0,0254±0,0226(0,0222)	0,0290± 0,0241(0,0275)	-0,0367± 0,0671(-0,0474) ^{†*}
FC (bpm)	33±16(28)	24±15(22)	25±17(28)
VE (l.min ⁻¹)	28± 16(25)	29± 13(26)	30± 16(27)
VCO ₂ (l.min ⁻¹)	1,17±0,62(0,96)	1,05±0,45(0,98)	1,05±0,61(1,15)
RTR	0,17± 0,11(0,17)	0,12± 0,06(0,11)	0,15± 0,10(0,14)
VE/VCO ₂	0,35±1,60(0,10)	0,69±1,14(0,50)	0,49±1,46(0,10)
PET _O ₂ (mmHg)	5,5± 4,6(5,1)	4,4±3,3(5,0)	4,7± 3,7(4,8)
PET _{CO} ₂ (mmHg)	-0,6±2,7(-0,40)	-0,8±1,8(-0,8)	-1,0±1,9(-0,7)

Valores expressos em média ± DP (mediana) ; *P<0,05 vs ERI; †P< 0,05 vs CON (diferença significativa entre os grupos). ANOVA one way. Transição Metabólica = *variável_{PCR} - variável_{LAV}*. VO₂ (consumo de oxigênio); FC (*frequência cardíaca*); VE (ventilação minuto); RTR (*razão de troca respiratória*); VE/VCO₂ (*equivalente ventilatório de dióxido de carbono*); Pet_O₂ (*pressão expirada de oxigênio*); Pet_{CO}₂ (*pressão expirada de dióxido de carbono*); CON (*controle*); ERI (*exercício resistido intenso*); CE (*corredores de endurance*).

Na Figura 2 são exibidos dados referentes ao percentual relativo à distribuição do tempo de TCPE nos momentos referentes ao LAV, PCR e MÁX.

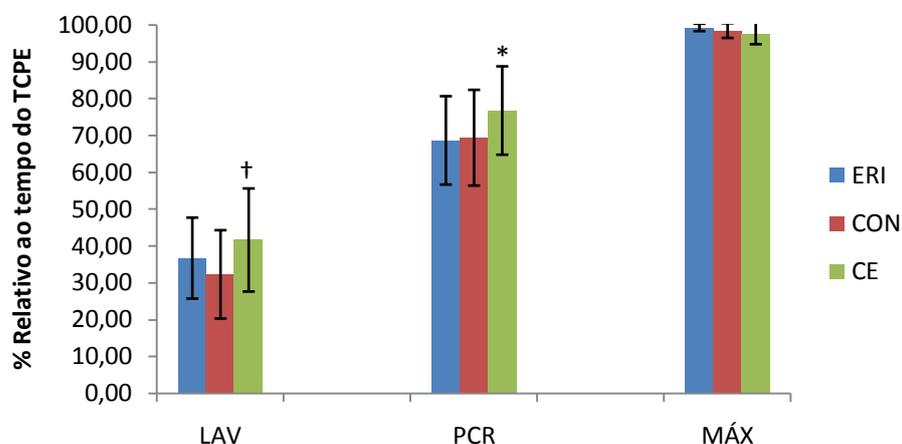


Figura 2- Percentual relativo ao tempo total do teste cardiopulmonar de exercício nos momentos referentes ao LAV (*limiar anaeróbico ventilatório*), PCR (*ponto de compensação respiratória*) e $VO_{2\text{máx}}$ (*consumo máximo de oxigênio*). ERI (*exercício resistido intenso*). CON (*controle*). CE (*corredores de endurance*). * $P < 0,05$ vs ERI; † $P < 0,05$ vs CON. ANOVA one way. Valores em média \pm DP.

Na Figura 3 pode ser observado o coeficiente angular gerado a partir da relação VO_2 vs intensidade (EC_{inclina}) durante a progressão da intensidade do TCPE. Diferenças significativas ocorrem ao final do teste, nas intensidades de 80 e 90% entre o CE e CON e na intensidade de 100% diferença significativa entre CE e ERI.

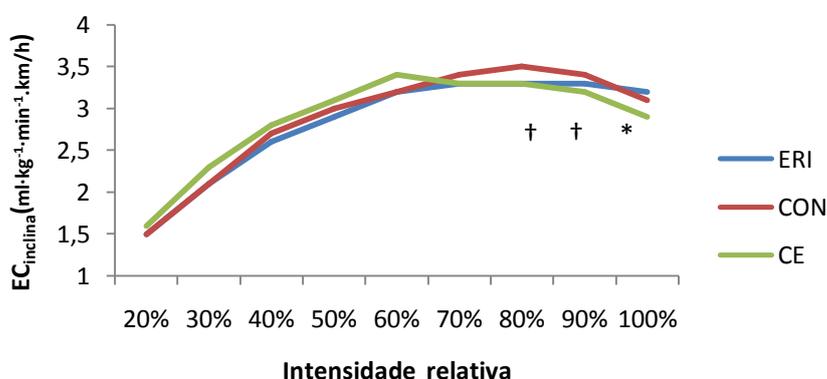


Figura 3- EC_{INCLINA} (*coeficiente angular gerado pela relação entre VO_2 vs intensidade*) durante o TCPE (*teste cardiopulmonar de exercício*). ERI (*exercício resistido intenso*). CON (*controle*). CE (*corredor de endurance*). † $p < 0,05$ diferença entre CE vs CON. * $p < 0,05$ diferença entre CE vs ERI. Anova one way. Valores em média.

6. DISCUSSÃO

6.1 Comportamento dos parâmetros cardiopulmonares em homens treinados na resistência aeróbia e força muscular no LAV

Este trabalho objetivou estudar o comportamento dos parâmetros cardiorrespiratórios e ventilatórios nas transições de intensidade do teste cardiopulmonar de exercício, especificamente na fase II, o tamponamento isocápnico, em homens treinados na resistência aeróbia e de força muscular.

É importante destacar que não foram encontrados na literatura estudos que comparassem a fase II do teste cardiopulmonar de exercício, entre modalidades de corrida e força muscular possibilitando uma análise direta com os dados da presente investigação. Portanto, as comparações utilizadas nesse estudo partem da análise de pontos em comum e devem ser vistas com cautela.

A identificação do LAV, no presente estudo se deu por meio da análise das trocas respiratórias, no momento em que se observa perda da linearidade entre o VO_2 e VCO_2 , método v-slope, com confirmação pelos equivalentes ventilatórios de oxigênio e dióxido de carbono (ARAÚJO, 1983; BEAVER; WASSERMAN; WHIPP, 1986a). Alguns trabalhos já vêm relatando que não há diferença entre o limiar de lactato e o LAV. Por exemplo, Souza *et al* (2012), objetivaram determinar o limiar de lactato e o limiar ventilatório durante exercício incremental de resistência e analisar as respostas cardiorrespiratórias e metabólicas durante exercício de carga constante na intensidade do limiar de lactato em 10 homens saudáveis, praticantes de exercícios resistidos há no mínimo seis meses. O objetivo de Souza *et al* (2012), foi determinar o limiar de lactato através de quatro diferentes métodos de identificação (inspeção visual, ajuste algorítmico, log-log e concentração de lactato) durante exercício de força muscular. Os autores identificaram uma alta e significativa concordância entre os diferentes métodos, detectando diferenças somente entre o método log-log e método de concentração de lactato (SOUZA *et al.*, 2012).

O LAV é usualmente maior em adultos treinados, refletindo sua melhor habilidade em executar atividades sob condições aeróbias. Está reportado que o LAV em triatletas treinados é 75% do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ e que em sujeitos sedentários raramente excede

60% do $VO_{2m\acute{a}x}$. (SCHNEIDER *et al.*, 1990). No presente estudo, o LAV foi 62% do $VO_{2m\acute{a}x}$ (DP ± 12) para o grupo CON, 66% do $VO_{2m\acute{a}x}$ (DP ± 11) para o grupo ERI e 71% do $VO_{2m\acute{a}x}$ (DP ± 10) para o grupo CE, sendo estatisticamente diferente entre CE e CON. Grigaliūnienė *et al* (2013), por exemplo, conduziram um estudo piloto, cujo objetivo era descrever os parâmetros cardiorrespiratórios para uma dada população, dentre eles o percentual do LAV relativizado ao VO_{2pico} . Participaram do estudo 168 indivíduos aparentemente saudáveis e sedentários. Os resultados observados por Grigaliūnienė *et al* (2013), foram de (57 \pm 14% do VO_{2pico} para os homens (N= 91)) e (63 \pm 14% do VO_{2pico} para as mulheres (N= 77)) (GRIGALIŪNIENĖ *et al.*, 2013), sendo similares aos encontrados na presente investigação para o LAV relativizado ao VO_{2pico} do grupo CON.

No presente estudo, o comportamento dos parâmetros cardiorrespiratórios nos momentos referentes ao LAV foi superior nos CE comparado ao ERI e ao CON. Entre o ERI e CON não houve diferenças. O VO_{2LAV} de indivíduos treinados aerobiamente foi expressivamente superior comparados com sujeitos treinados na força muscular e sujeitos que não estão envolvidos com a prática de nenhum exercício físico.

Em adição, o pulso de oxigênio (VO_2/FC), que representa a oferta de O_2 a cada contração, também foi maior neste grupo. A FC_{LAV} não foi diferente entre os grupos estudados, o que vêm ao encontro do trabalho de LUCIA *et al* (2000), que afirmam de que parece haver uma estabilidade na FC relacionada ao LAV ou LL após o treinamento. Apesar do presente estudo, não avaliar efeito de treinamento, deve-se considerar que os sujeitos investigados possuíam experiência em corrida ou exercícios de força muscular. O trabalho de Lucia *et al* (2000), avaliou a estabilidade da FC correspondente ao LL, LAV e PCR, em um grupo de 13 ciclistas profissionais, através de três testes de esforço progressivo, que foram realizados durante uma temporada de treinamento, no período de recuperação ativa, pré-competitivo e competitivo, respectivamente. Como resultado eles verificaram que apesar de ter havido um aumento significativo do desempenho ao longo da temporada, o que foi evidenciado por uma maior potência no LAV, LL e PCR, os valores de FC referentes a essas variáveis permaneceram estáveis, concluindo que o significado do valor da FC no LAV, parece ter mais aplicação prática para prescrição do treinamento, do que para avaliação dos seus efeitos (LUCIA *et al.*, 2000). Bell (2000) aponta que a ausência de alterações na FC_{LAV} como efeito do treinamento é esperada, tendo em vista que o aumento do VO_2 e carga de trabalho no LAV com uma manutenção da FC no LAV seria indicativo de que

o sistema cardiovascular sofreu adaptações tornando-se capaz de fornecer mais oxigênio aos músculos ativos com a mesma quantidade de ciclos cardíacos. É possível especular que a hipótese de Bell (2000) relacionada a uma maior eficiência cardiovascular, justifique a manutenção dos valores da FC_{LAV} , no presente trabalho, já que a carga de esforço era superior nos CE. Assim, podemos dizer que para um esforço superior, e um gasto de energia também mais elevado, o trabalho cardíaco não foi adicional para os corredores.

Adicionalmente, uma FC no repouso mais baixa também está relacionada a uma bomba cardíaca mais eficiente, gerando uma adaptação na descarga elétrica sobre o coração. No repouso, a FC foi inferior nos CE em relação aos demais grupos. Este achado vai ao encontro do observado no trabalho de Hottenrott *et al* (2012), que objetivaram examinar os efeitos do treinamento de alta intensidade e do treinamento de endurance contínuo sobre a capacidade aeróbia e composição corporal de 30 corredores recreacionais. Após a intervenção de 12 semanas de treinamento, os autores verificaram uma FC no repouso significativamente reduzida pós-treinamento físico aeróbio de alta intensidade e treinamento contínuo em corredores ativos recreacionais (HOTTENROTT; LUDYGA; SCHULZE, 2012).

Os parâmetros ventilatórios obtidos na presente investigação nos permitem argumentar que o treinamento modifica o comportamento da ventilação e da VCO_2 no momento referente ao LAV entre os sujeitos treinados e o grupo controle. Entre o CE e ERI não houve diferenças. A VE_{LAV} foi superior no CE em relação ao CON. Já a VCO_2 foi maior tanto para o CE, quanto para o ERI comparado ao CON. Esse fato sugere que os indivíduos treinados, independente da modalidade de treino, apresentam uma maior produção expirada de dióxido de carbono no LAV, estando possivelmente com uma produção de lactato aumentada, sugerindo que tem-se início a ativação do mecanismo tampão do bicarbonato sanguíneo, de maneira mais efetiva no intuito de manutenção do exercício, comparado a sujeitos não treinados. Esta resposta ao exercício progressivo pode estar relacionada à produção aumentada de CO_2 a partir da atividade muscular. A dissociação entre essas variáveis também manifesta o atraso entre o consumo de oxigênio muscular e as trocas gasosas nos pulmões, sendo este, o indício para caracterizar o início da acidose metabólica estimada a partir de trocas gasosas pulmonares (WHIPP, 2006). Interessante observar que o trabalho realizado pelo grupo ERI foi semelhante ao do CON, mas a produção de CO_2 foi maior, sugerindo que nesse grupo o esforço pronuncia mais a produção de CO_2 não metabólico. Embora, a

produção de CO_2 dos treinados de ambas modalidades tenham se equiparado, o trabalho realizado pelo grupo CE foi maior, o que sugere uma eficiência mais elevada das fibras aeróbias. Ball-Burnett *et al* (1991), por exemplo, verificaram que as fibras tipo I parecem apresentar uma menor produção e/ou maior capacidade de remoção de lactato, quando comparadas com as do tipo II. Os autores estudaram os efeitos de um exercício prolongado no metabolismo energético de fibras musculares tipo I e tipo II da musculatura vasto lateral. Foram recrutados seis homens submetidos a um exercício a 61% do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ na bicicleta até a fadiga ou no máximo por 2 horas. Os autores concluíram que a concentração de lactato nas fibras tipo II é maior comparada às fibras tipo I nos momentos 15 e 60 minutos pós exercício e que a degradação do glicogênio também é mais pronunciada nas fibras tipo I. Essa diferença provavelmente relaciona-se a características metabólicas energéticas específicas de cada tipo de fibra. Além disso, como estes tipos de fibras são recrutados preferencialmente em uma sequência (tipo I-tipo IIa e tipo IIb), durante o exercício com incremento de carga, os indivíduos com maior percentual de fibras vermelhas, podem se exercitar em uma carga absoluta maior antes de atingir o LAV (BALL-BURNETT *et al.*, 1991).

Não houve diferenças significativas entre os grupos estudados para RTR, VE/VO_2 , VE/VCO_2 , PETO_2 e PETCO_2 no momento referente ao LAV.

6.2 Comportamento dos parâmetros cardiopulmonares em homens treinados na resistência aeróbia e força muscular no PCR

O Ponto de compensação respiratória (PCR) foi definido neste estudo, no momento do exercício em que se observa o menor valor do equivalente ventilatório de dióxido de carbono (VE/VCO_2), ou seja, antes do seu aumento exponencial, e o maior valor da pressão parcial final de dióxido de carbono (PetCO_2) antes de sua queda abrupta (PITHON, *et al.*, 2006).

Ao atingir e ultrapassar essa fase, o exercício físico é considerado de intensidade moderada e intensa, pois ocorre aumento na concentração de ácido lático significativamente acima dos valores verificados no LAV. As fibras musculares do tipo I e a participação das fibras do tipo IIa e IIb de padrão glicolítico misto e anaeróbio, respectivamente, estimulam o aumento de ácido lático sanguíneo (SILVA *et al.*, 1998). No presente estudo, a $\text{VCO}_{2\text{PCR}}$ foi superior no CE ($3,45 \pm 0,54 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$) comparado ao

CON ($2,82 \pm 0,64 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$). Tendo em vista que a resposta ventilatória é aumentada progressivamente como tentativa de compensar a acidose metabólica, houve diferença significativa entre o CE ($93 \pm 17 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$) vs CON ($74 \pm 18 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$) para a VE_{PCR} nesta fase do exercício. O $VO_{2\text{PCR}}$ também foi superior nos corredores comparados aos demais grupos.

A distribuição de O_2 para os músculos ativos parece não ser eficiente em atividades extenuantes, comprometendo a produção de ATP e a continuidade da tarefa (WASSERMAN *et al.*, 2005). O PCR na presente investigação ocorreu a 91,8% do $VO_{2\text{máx}}$ para o CE, 88,2% do $VO_{2\text{máx}}$ para o grupo CON e a 87,8% $VO_{2\text{máx}}$ para o ERI. Assim, ainda que a oferta ambiente de O_2 esteja adequada, o quadro de hipóxia tecidual se instala tendo em vista a rápida passagem do sangue pelos pulmões e músculos ativos (BALL BURNETT *et al.*, 1991).

O pulso de O_2 também foi superior no CE em relação ao CON e ERI enquanto a FC_{PCR} foi menor nos grupos treinados, comparado ao grupo controle. Entre o CE e ERI não houve diferenças.

6.3 Comportamento dos parâmetros cardiopulmonares em homens treinados na resistência aeróbia e força muscular no $VO_{2\text{máx}}$

O $VO_{2\text{máx}}$ reflete a máxima capacidade da pessoa absorver, transportar e consumir O_2 (ALBOUAINI *et al.*, 2007). Foi definido no presente estudo no ponto mais elevado durante o TCPE a despeito do aumento do esforço, ou seja, quando no gráfico a curva do VO_2 atingisse um pico. Na presente investigação, o $VO_{2\text{máx}}$ foi significativamente superior nos indivíduos treinados na corrida comparados aos demais grupos. Entre o ERI e CON não houve diferenças. Os principais resultados mostraram que os índices de potência ($vVO_{2\text{máx}}$) e capacidade aeróbia ($VO_{2\text{máx}}$) são significativamente superiores nos corredores em relação aos demais grupos, podendo-se afirmar que essas diferenças são provavelmente resultantes dos efeitos da especificidade do treinamento (PUPO *et al.*, 2011). Os valores de $vVO_{2\text{máx}}$ obtidos no presente estudo pelo grupo CE foi superior ($17,5 \pm 2,9 \text{ km/h}$) aos encontrados no grupo ERI ($12,8 \pm 1,7 \text{ km/h}$) e CON ($12,8 \pm 2,0 \text{ km/h}$). Essa diferença significativa indica que tal índice modifica-se de acordo com o nível de treinamento e assim pode ser capaz de

diferenciar a capacidade aeróbia dos sujeitos, visto que a maior potência aeróbia dos corredores é obtida com uma velocidade superior em relação aos demais grupos (PUPO *et al.*, 2011). Os resultados encontrados neste estudo para o $VO_{2máx}$ estão de acordo com os resultados encontrados na literatura Herdy *et al.*, 2011, por exemplo, realizaram TCPE em brasileiros de ambos os sexos, sedentários e ativos, com o objetivo de referenciar os valores do TCPE. Para homens ativos, excluídos deste grupo atletas profissionais, a média do $VO_{2máx}$ foi de $50,6 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, e para homens sedentários, a média do $VO_{2máx}$ foi de $41,9 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (HERDY; UHLENDORF, 2011).

O pulso de oxigênio máximo também se mostrou superior no CE em relação ao ERI e CON.

A FC referente ao $VO_{2máx}$ foi inferior no CE comparado ao CON. A FC_{PICO} também se mostrou reduzida nos treinados em comparação com o grupo CON. Com relação aos parâmetros ventilatórios, a $VE_{máx}$ foi superior nos grupos treinados comparados ao grupo controle, o que demonstra um aumento na capacidade ventilatória de indivíduos submetidos a algum tipo de treinamento, o que reflete uma adaptação fisiológica (NEDER; NERY, 2002). Entre o ERI e CE não houve diferenças. Mesmo com uma $VE_{máx}$ superior naqueles indivíduos que seguiam um regime de treinamento, não houve melhorias na carga máxima para o ERI. A produção de dióxido de carbono foi superior no CE em relação ao CON e inferior no ERI comparado ao CON. Entre o CE e ERI não houve diferenças.

Não houve diferenças significativas entre os grupos estudados para RTR, VE/VO_2 , VE/VCO_2 , $PETCO_2$ e $PETCO_2$ no momento referente ao $VO_{2máx}$.

6.4 Fase de comportamento isocápnico em homens treinados na resistência aeróbia e força muscular

O achado interessante do presente estudo foi que o grupo CE apresentou maior magnitude de diferença na carga de transição em relação ao grupo CON e ERI, estando o VO_2 similar entre os três grupos, o que sugere, que mesmo em uma intensidade elevada, o custo de oxigênio em indivíduos treinados na resistência aeróbia é inferior comparado aos indivíduos treinados em exercícios de força muscular e ao grupo controle. No LAV, o grupo CE possui uma distribuição relativa ao tempo total do TCPE mais elevada comparado ao CON e ERI (figura 2). De fato, na literatura encontramos

trabalhos (BASSET; HOWLEY, 1997; SMITH; O'DONNELL, 1984) que indicam que adaptações periféricas, tais como as que refletem aumento da capacidade oxidativa muscular são responsáveis pelo aumento do LAV e que esta elevação está relacionada a um condicionamento físico superior. No PCR, a diferença existente passa a ser entre o CE e ERI, o que parece indicar que o CE permaneceu maior tempo na fase II do TCPE, sugerindo que em relação ao grupo controle e praticantes de exercícios resistidos intensos, tais atletas suportam maior acúmulo de lactato sanguíneo ou apresentam um mecanismo tampão mais acurado.

A fase II do TCPE, o TI está bem definido na literatura (CHICHARRO; HOYOS; LUCÍA, 2000; OSHIMA *et al.*, 1997; LENTI *et al.*, 2011). No presente estudo, podemos identificar a fase de TI e as respectivas fases do TCPE nas Figuras 1A e 1B. Chicharro *et al* (2000), por exemplo, avaliaram os efeitos de treinamento de resistência aeróbia na fase de tamponamento isocápnico e hiperventilação hipocápnica em ciclistas profissionais. Os autores definiram limiar ventilatório, entre a fase I e II e ponto de compensação respiratória, entre a fase II e III (CHICHARRO *et al.*, 2000).

Considerando a especificidade do treinamento, o comportamento do VO_{2LAV} , VO_{2PCR} e $VO_{2máx}$ foi superior nos corredores de endurance comparado ao CON e ERI durante todo o TCPE. Estudos prévios, como por exemplo, o de Hirakoba *et al* (2002), que compararam o acúmulo de lactato em 6 corredores velocistas vs 9 corredores de longa duração demonstrou que corredores velocistas apresentaram maior acúmulo de lactato na fase de tamponamento isocápnico do que corredores de longa duração (HIRAKOBA *et al.*, 2002). Os resultados obtidos no presente estudo sugerem que os corredores de endurance em relação ao CON e ERI apresentam menor acúmulo de lactato ou suportam mais eficientemente a esse acúmulo, já que para um mesmo consumo de oxigênio, a carga de transição nestes atletas é significativamente maior. De acordo com trabalho de Rocker *et al* (1994), que compararam a capacidade de tamponar entre corredores de 400m e de longa duração, relativizando a velocidade atingida no LAV e no PCR, os corredores velocistas obtiveram melhor capacidade de tamponamento (ROCKER *et al.*, 1994). Na presente investigação não houve diferenças entre os grupos em relação aos indicadores da capacidade de tamponar (dados não apresentados nos resultados), levando em consideração a metodologia do trabalho de Rocker *et al* (1994).

O $VO_{2máx}$ tem sido reportado na literatura, como índice que expressa a capacidade aeróbia (DENADAI *et al.*, 2004a; OSHIMA *et al.*, 1997; ARAÚJO, 1983;

HO *et al.*, 2012). Oshima *et al* (1997), por exemplo, reportaram a relação entre o tamponamento isocápnico e a capacidade aeróbia máxima em atletas. Os autores compararam 15 homens treinados em corrida, sendo 3 velocistas, 7 corredores de meia distância e 5 corredores de longa distância e encontraram uma fase de tamponamento maior em atletas com maior $VO_{2máx}$. (OSHIMA *et al.*, 1997). Nossos resultados, apesar de um desenho metodológico diferente, vão ao encontro desses achados, evidenciando que o grupo CE em relação ao CON e ERI apresenta uma capacidade aeróbia expressivamente superior, o que também pode sugerir uma fase de tamponamento maior nestes sujeitos.

O pulso de oxigênio (VO_2/FC) parece refletir o volume sistólico e a diferença artério-venosa de O_2 . Como as duas variáveis que geram o índice crescem em magnitude aproximadamente igual durante o exercício (ARAÚJO, 1983), já seria de se esperar que o comportamento do pulso de O_2 durante todo o TCPE fosse o encontrado pelo presente estudo. O pulso de O_2 foi superior no CE, comparados ao CON e ERI nos momentos referentes ao LAV, PCR e MÁX. Na fase de transição metabólica, nos corredores, esta variável foi inferior em relação aos demais grupos, justamente por haver uma queda ao longo do teste, já que para os valores de VO_2 e FC, que geram o índice, não houve diferenças entre os grupos nesta fase de transição. Com o avançar do exercício, há uma pequena queda, que não progride, uma vez que entre o PCR e o MÁX não há diferença. Mesmo essa pequena queda, não reflete valores inferiores para o grupo de corredores, pois o ERI e o CON apresentam valores médios menores. Também é interessante observar que os valores podem ter sido influenciados negativamente pela idade dos corredores, que é maior, e positivamente pelo peso do grupo ERI, que é maior. Os ajustes circulatórios que ocorrem durante o exercício, entre eles o aumento da diferença arteriovenosa de O_2 , do débito cardíaco e redistribuição do fluxo sanguíneo para o território muscular em atividade, aumentarão o pulso de O_2 . O pulso de O_2 , em uma dada carga de trabalho, é mais elevado no indivíduo bem condicionado e saudável, estando reduzido em qualquer condição que afete negativamente o volume sistólico ou em condições que reduzam o conteúdo arterial de O_2 (anemia ou hipoxemia) (WASSERMAN; WHIPP, 1975). Barros *et al* (2002), por exemplo, objetivaram estudar o pulso máximo de oxigênio em 3317 indivíduos, sendo 2297 homens e 1020 mulheres todos saudáveis. Os indivíduos foram agrupados em sedentários: homens (HSED = 621) e mulheres (MSED = 533); condicionados com prática regular de atividade física á pelo menos 3 anos, homens (HCOND = 830), mulheres (MCOND = 247) e atletas com

atividade física de treinamento de corrida entre 50 a 100 km/semanais (HCOR = 846) e mulheres (MCOR = 240). Para o grupo homens sedentários com a idade entre 20 e 59 anos a média do pulso máximo de oxigênio foi de $0,204(\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}.\text{bpm})$ e para o grupo homens corredores a média do pulso máximo de oxigênio foi de $0,397(\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}.\text{bpm})$. Os autores concluíram que o pulso máximo de oxigênio como índice de volume de ejeção sistólica parece ser um excelente indicador das adaptações centrais decorrentes da prática de atividade física (BARROS *et al.*, 2002). Os achados da presente investigação são equivalentes aos apontados por Barros *et al* (2002). A média do pulso de $\text{O}_{2\text{máx}}$ para o grupo CON foi de $0,209(\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}.\text{bpm})$ e para o CE foi de $0,287(\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}.\text{bpm})$. O treinamento de resistência frequentemente acarreta redução da FC no repouso e aumento do volume sistólico. Com efeito, o aumento das respostas cardiorrespiratórias centrais permite aos atletas treinados produzir maior aumento proporcional do débito cardíaco e maior débito cardíaco absoluto durante o exercício, o que aumenta a liberação de oxigênio para os músculos esqueléticos, com proporcional aumento do pulso de oxigênio (BASSET; HOWLEY, 1997).

É importante destacar, que durante a transição metabólica, os parâmetros cardíacos e metabólicos investigados no presente trabalho, com exceção do pulso de oxigênio, não foram diferentes entre os grupos estudados. Tendo em vista que, a carga de transição tenha sido superior nos CE, a ausência de diferença para frequência cardíaca, ventilação minuto, produção de dióxido de carbono, razão de troca respiratória, equivalente ventilatório de dióxido de carbono, pressão expirada de oxigênio e pressão expirada de dióxido de carbono, confirmam a superioridade do condicionamento cardiorrespiratório dos corredores em relação ao grupo controle e aos treinados na força muscular durante um teste cardiopulmonar de exercício.

6.5 Coeficiente angular gerado a partir da relação entre consumo de oxigênio e intensidade no TCPE

Embora os exercícios de média e longa duração sejam altamente dependentes da energia produzida pelo metabolismo aeróbio, o $\text{VO}_{2\text{máx}}$ pode não ser um bom preditor da performance da atividade de endurance, uma vez que atletas com mesmo $\text{VO}_{2\text{máx}}$ podem apresentar variações na performance por influência de diferentes fatores (DENADAI, 1996).

Entre esses fatores, a economia de corrida (EC) que pode ser definida como o estado estável do VO_2 para uma dada velocidade submáxima ou distância (FRANCH *et al.*, 1998; PUPO *et al.*, 2011; DENADAI; ORTIZ; MELLO, 2004b; CAPUTO *et al.*, 2009; SOUZA *et al.*, 2011) e na habilidade do sistema neuromuscular em produzir potência durante o exercício (PAAVOLAINEN *et al.*, 1999), possibilita aos corredores com melhor EC a manutenção de maiores intensidades de esforço por longos períodos de tempo, o que pode estar relacionado ao menor estresse metabólico, refletindo diretamente sobre os ajustes na estratégia de corrida (CARMO *et al.*, 2012). Contudo, a mensuração da EC envolve a aplicação de 2-3 testes o que poderia desencorajar a mensuração desta variável. Nesse sentido, trabalhos prévios (BERTUZZI *et al.*, 2010; FERNANDES *et al.*, 2006), determinaram a EC mediante o coeficiente angular gerado a partir da relação VO_2 vs intensidade do teste cardiopulmonar de exercício ($\text{EC}_{\text{INCLINA}}$). Tendo em vista que o VO_2 aumenta continuamente durante o TCPE até o valor máximo ser atingido (RIBEIRO, 1995), é de se esperar que atletas mais econômicos apresentem um menor $\text{EC}_{\text{INCLINA}}$. No presente estudo, verificou-se que o $\text{EC}_{\text{INCLINA}}$ foi significativamente diferente entre o CE e CON nas intensidades de 80% e 90% do tempo total do TCPE e a 100% houve diferença entre o ERI e CE (figura 3).

Bertuzzi *et al.* (2010), por exemplo, conduziram um estudo, onde o objetivo era verificar a possibilidade de se estimar a economia de corrida (EC) a partir do $\text{EC}_{\text{INCLINA}}$. Participaram do estudo 16 corredores de longa duração que foram submetidos a um teste incremental e a dois testes de cargas constantes ($12 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e a intensidade de 90% do segundo limiar ventilatório) para a mensuração da EC. Os autores observaram fraca correlação entre a EC e $\text{EC}_{\text{INCLINA}}$ e também uma correlação negativa entre o $\text{EC}_{\text{INCLINA}}$ com a concentração sanguínea de lactato e a RTR mensuradas ao final do teste. Apesar de sua aplicação para determinar a EC ser limitado, o $\text{EC}_{\text{INCLINA}}$ pode ser um parâmetro alternativo empregado para o diagnóstico da aptidão de corredores de provas de longa duração devido sua relação com o metabolismo anaeróbio (BERTUZZI *et al.*, 2010). Nesse sentido, os resultados obtidos na presente investigação para o $\text{EC}_{\text{INCLINA}}$ suportam essa hipótese, uma vez que as diferenças encontradas ao final do teste sugerem que os corredores possuem um componente anaeróbio elevado, o que favorece a manutenção da tarefa em alta intensidade com um custo de oxigênio inferior em relação ao CON (80 e 90% do TCPE) e ERI (100% do TCPE).

Durante o TCPE, as contribuições relativas do sistema energético para manutenção da tarefa são divergentes. Em recente estudo, Bertuzzi *et al.* (2013),

reportaram a contribuição do sistema aeróbio e glicolítico durante um teste de exercício incremental. Participaram do estudo dez corredores recreacionais de longa distância, que foram submetidos a um teste em esteira com incremento de carga a cada três minutos. A fração de contribuição do sistema aeróbio e glicolítico foram calculadas em cada estágio, baseado na relação do VO_2 e equivalente energético derivado do acúmulo de lactato. A contribuição aeróbia e glicolítica foram expressas em percentual da demanda metabólica total. Os resultados indicaram que a contribuição aeróbia corresponde a 86-95% e a contribuição glicolítica 5-14% do total do teste de exercício incremental (BERTUZZI *et al.*, 2013). Com base nisso, embora não seja um objetivo do presente estudo, pode-se especular que devido à contribuição aeróbia ser predominante durante todo o TCPE, o grupo CE possua uma vantagem fisiológica de oxidação de lactato muscular. Consequentemente, o lactato muscular pode ser removido célula a célula e ser utilizado como combustível energético nas fibras musculares, antes de escapar para a circulação (WASSERMAN *et al.*, 1984). Esse fato parece justificar um $\text{EC}_{\text{INCLINA}}$ inferior nos instantes finais do TCPE neste grupo em detrimento do CON e ERI (ver figura 3).

6.6 Limitações

O teste cardiopulmonar de exercício adotado no presente estudo recruta prioritariamente os músculos dos membros inferiores. No entanto, informações acerca do treinamento de força realizado pelos sujeitos do grupo ERI direcionados aos membros inferiores não foram consideradas. Tendo em vista, que o VO_2 pode ser influenciado pela diferença artério-venosa da musculatura exercitada e que os sujeitos do grupo CE estão habituados a mecânica adotada no teste em esteira, talvez a realização do teste cardiopulmonar de exercício em outro ergômetro, por exemplo, a bicicleta poderia apresentar resultados diferentes. Contudo, a correção alométrica para o consumo de oxigênio evidencia que não houve prejuízo no grupo ERI em relação ao CE para o consumo de oxigênio nos momentos referentes ao LAV, PCR e MÁX avaliados através do protocolo de rampa em esteira adotado pela presente investigação. Chamari *et al* (2005), por exemplo, demonstraram que a utilização apropriada do método de escala alométrica para comparar sujeitos com diferentes massas corpóreas reduz erros e

possibilita uma interpretação correta dos índices de aptidão cardiorrespiratória. Os autores objetivaram comparar a capacidade aeróbia entre jogadores de futebol jovens e adultos. Participaram do estudo 24 jogadores adultos (média de idade de 24 anos) e 21 jogadores jovens (média de idade de 14 anos). Equações alométricas foram utilizadas para determinar a relação entre o consumo de oxigênio máximo e submáximo, economia de corrida e massa corporal. O consumo de oxigênio máximo é subestimado nos jogadores adultos, enquanto que a economia de corrida é superestimada quando expressos pela maneira tradicional. Dessa forma, o procedimento alométrico retifica esse tipo de avaliação permitindo comparações entre sujeitos com massa corporal diferente (CHAMARI *et al.*, 2005).

Outra limitação da presente investigação é que medidas diretas de lactato e bicarbonato sanguíneo não foram dosadas. No entanto, encontramos na literatura estudos (SOUZA *et al.*, 2012; OKANO *et al.*, 2006; DICKHUTH *et al.*, 1999; SILVA *et al.*, 2005) que reportam similaridade entre os pontos identificados invasivamente e o LAV e PCR identificados por parâmetros ventilatórios. De fato, o uso de diferentes terminologias para determinação dos limiares pode estar atrelado aos critérios adotados, às características dos sujeitos estudados, ou ainda à utilização de diferentes tipos de exercício e/ou protocolos com variações nas intensidades de incremento da carga e duração dos estágios (OKANO *et al.*, 2006). Dickhuth *et al.* (1999), por exemplo, analisaram a relação entre a reprodutibilidade das intensidades do limiar anaeróbio individual e limiar ventilatório determinado pelo método v-slope. Participaram do estudo 11 corredores submetidos a dois testes incrementais em esteira com intervalo de sete dias. Os autores encontraram alta reprodutibilidade da velocidade de corrida no limiar de lactato ($r=0,90$), no limiar anaeróbio individual ($r=0,97$), no limiar ventilatório ($r=0,88$) e no ponto de compensação respiratória ($r=0,95$). Em ambos os testes foi encontrada uma forte correlação ($r = 0,97$; $p < 0,01$) entre o limiar anaeróbio individual e o ponto de compensação respiratória (DICKHUTH *et al.*, 1999). Diante disso, embora fosse importante mensurar a concentração sanguínea de lactato e bicarbonato durante as fases de transição no TCPE, os estudos citados permitem assumir que a interpretação dos limiares por parâmetros ventilatórios apresenta similitude com os limiares detectados invasivamente.

7. CONCLUSÃO

No decorrer desse estudo buscou-se estudar os parâmetros cardiovasculares de indivíduos treinados em modalidades de corrida e em força muscular durante o TCPE. Baseando-se na hipótese de que os treinados poderiam apresentar melhor capacidade de tamponamento, expressa pelas variáveis de transição da fase de TI em relação ao grupo CON e ERI, verificou-se que a hipótese foi parcialmente confirmada, uma vez que o CE apresenta maior magnitude de diferença na carga de transição em relação ao CON e ERI com um custo de oxigênio similar entre os grupos. No entanto, entre o ERI e CON não há diferença dos parâmetros cardiopulmonares avaliados na presente investigação, exceto para FC_{PCR} e RTR_{PCR} .

Nesse sentido, há evidência de uma maior eficiência metabólica no CE e, como consequência, menor fadiga muscular em relação ao CON e ERI.

8. REFERÊNCIAS

ALBOUAINI, K. et al. Cardiopulmonary exercise testing and its application. **Heart**, London, v. 93, p. 1285-1292, 2007.

ALVES, G et al. Reabilitação Cardiovascular e Condicionamento Físico. In: NEGRÃO, C; BARRETO, A, Ed(s). **Cardiologia do Exercício: do Atleta ao Cardiopata**. São Paulo: Manole, p. 261-271,2006.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 239p, 2003.

ARAÚJO, C. G. S. Respostas cardiorrespiratórias a um exercício submáximo prolongado. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, São Paulo, v.41, n. 1, p. 37-45, 1983.

AZEVEDO, P. et al. Cinética do Consumo de Oxigênio e Tempo Limite na $vVO_{2máx.}$: Comparação entre Homens e Mulheres. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v.16, n. 4, p. 278-281, 2010.

BALL-BURNET, M. et al. Energy Metabolism In Human Slow And Fast Twitch Fibres During Prolonged Cycle Exercise. **Canadian Journal of Physiology**, Champaign, v.437, p. 257-267, 1991.

BARROS, C. et al. Limiar de Lactato em exercício resistido. **Motriz**, Rio Claro, v.10, n.1, p.31-36, 2004.

BARROS, T. et al. Pulso Máximo de Oxigênio: indicador fisiológico de aptidão física e de decréscimo da capacidade funcional com a idade. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, São Paulo, v. 79, p. 47, 2002.

BARSTOW, J. T. et al. Influence of muscle fibre type and fitness on the oxygen uptake/power output slope during incremental exercise in humans. **Experimental physiology**, Cambridge, v. 85, n. 1, p. 109-116, 2000.

BASSET, D. R.; HOWLEY, E. T. Maximal oxygen uptake: 'classical' vs 'contemporary' viewpoints. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Knoxville, v. 29, n. 5, p. 591-603, 1997.

BEAVER, W; WASSERMAN, K; WHIPP, B. Bicarbonate buffering of lactic acid generated during exercise. **Journal of Applied Physiology**, Washington, v.60, p.472-478,1986b.

BEAVER, W; WASSERMAN, K; WHIPP, J. A New method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. **Journal of Applied Physiology**, Washington, v.60, n.6, p. 2020-2027, 1986a.

BELL, H. J. The Effects of Constant vs. Interval Load Training At and about the First Ventilatory Threshold on Endurance Performance Indicators. 2000. 130 f. Dissertação (Mestrado em Ciência) – Departamento de fisiologia da Universidade de Toronto, **Ottawa**, 2000.

BENETTI, M; SANTOS, R; CARVALHO, T. Cinética de Lactato em diferentes Intensidades de exercícios e concentrações de oxigênio. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 6, p. 50-56, 2000.

BERTUZZI, R. et al. É possível determinar a economia de corrida através do teste progressivo até a exaustão? **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v.24, n.3, p.373-378, 2010.

BERTUZZI, R. et al. Energy System Contributions during Incremental Exercise Test. **Journal of sports science and medicine**, Bursa, v. 12, 2013.

BERTUZZI, R. et al. Metabolismo do lactato: uma revisão sobre a bioenergética e a fadiga muscular. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, Florianópolis, v.11, n. 2. p. 226-234, 2009.

BISHOP, D et al. High-Intensity Exercise Decreases Muscle Buffer Capacity Via A Decrease In Protein Buffering In Human Skeletal Muscle. **Europen Journal Appllied Physiology**, v. 458, p. 929-936, 2009.

BRAGA, A; NUNES, N. Ergoespirometria Aplicada a Cardiologia. In: NEGRAO, C; BARRETO, A. Ed(s). **Cardiologia do Exercício: do Atleta ao Cardiopata**. São Paulo: Manole, p.133-153, 2006.

BRUM, P. et al. Aerobic exercise training in heart failure: impact on sympathetic hyperactivity and cardiac and skeletal muscle function. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v.44, p. 827-835, 2011.

BRUNETTO, A. et al. Limiar ventilatório e variabilidade da frequência cardíaca em adolescentes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 22-27, 2005.

CAPUTO, F. et al. Exercício aeróbio: aspectos bioenergéticos, ajustes fisiológicos, fadiga e índices de desempenho. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, Florianópolis, v. 11, n.1, p. 94-102, 2009.

CARMO, E. et al. Estratégia de Corrida em média e longa distância: como ocorrem os ajustes ao longo da prova? **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 351-363, 2012.

CHAMARI, K. et al. Appropriate interpretation of aerobic capacity: allometric scaling in adult and young soccer players. **British journal of sports medicine**, Loughborough, v.39, p. 97-101, 2005.

CHICHARRO, J.L. et al. Physiological Parameters Determined at OBLA vs a Fixed Heart Rate of 175 beats min^{-1} in an Incremental Test Performed by amateur and professional cyclists. **Japanese Journal of Physiology**, Tokyo v. 49, p. 63-69, 1999.

CHICHARRO, J; HOYOS, J; LUCÍA, A. Effects of endurance training on the isocapnic buffering and hypocapnic hyperventilation phases in professional cyclists. **British Journal of Sports Medicine**, Loughborough, v. 34, n.6, 450-455, 2000.

DAVIS, J. et al. Effect of ramp slope on determination of aerobic parameters from the ramp exercise test. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 14, n. 5, p. 339-343, 1982.

DEL COSO, J. et al. Respiratory compensation and blood pH regulation during variable intensity exercise in trained versus untrained subjects. **European Journal of Applied Physiology**, p. 83-93, 2009.

DENADAI, B. S. Limiar Anaeróbio: Considerações Fisiológicas e Metodológicas. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, Londrina, v.1, n.2, p. 74-88, 1995.

DENADAI, B.S. Aspectos fisiológicos relacionados com a economia de movimento. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, Londrina, v. 1, n. 3, p. 59-73, 1996.

DENADAI, B.S. et al. Effect of the aerobic capacity on the validity of the anaerobic threshold for determination of the maximal lactate steady state in cycling, **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v.37, p. 1551-1556, 2004a.

DENADAI, B.S; ORTIZ, M; MELLO, M. Índices fisiológicos associados com a “performance” aeróbia em corredores de “endurance”: efeitos da duração da prova. **Revista Brasileira Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 10, n. 5, p. 401-404, 2004b.

DICKHUTH H.H. et al. Ventilatory, lactate-derived and catecholamine thresholds during incremental treadmill running: relationship and reproducibility. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.20, p. 122-127, 1999.

FERNANDES, R.J. et al. Does net energy cost of swimming affect time to exhaustion at the individual's maximal oxygen consumption velocity? **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Turin, v.46, n.3, p.373-380, 2006.

FORJAZ, C. et al. Exercícios Resistidos e Sistema Cardiovascular. In: NEGRÃO, C; BARRETO, A, Ed(s). **Cardiologia do Exercício: do Atleta ao Cardiopata**. São Paulo: Manole, p. 272-285, 2006.

FRANCH, J. et al . Improved running economy following intensified training correlates with reduced ventilatory demands. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.30, n.8, p.1250-1256, 1998.

GASKILL, S. et al. Changes in Ventilatory Threshold with Exercise Training in a Sedentary Population: The Heritage Family Study. **Journal of Sports Medicine**, Baltimore, v. 22, p. 586-592, 2001.

GREEN, J. et al. A Comparison of respiratory threshold of anaerobic competitors, aerobic competitors and untrained subjects, **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, p. 608-613, 2003.

GRIGALIŪNIENĖ, A et al. Cardiorespiratory Parameters of Exercise Capacity in a Healthy Lithuanian Population: The Pilot Study. **Hellenic journal of cardiology**, Athens, v.54, p. 107-118, 2013.

HAUTALA, A. et al. Cardiovascular autonomic function correlates with the response to aerobic training in health sedentary subjects. **American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology**, Bethesda, v. 285, p.1747-1752, 2003.

HERDY, A. H; UHLENDORF,D. Valores de Referência para o teste cardiopulmonar para homens e mulheres sedentários e ativos. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v.96, n. 1, p. 54-59, 2011.

HIRAKOBA, K; YUNOKI, T. Blood Lactate Changes during Isocapnic Buffering in Sprinters and long Distance Runners. **Journal of Physiological Anthropology**, v. 21, n. 3, p. 143-149, 2002.

HO, S. et al. The effect of 12 weeks of aerobic, resistance or combination exercise training on cardiovascular risk factors in the overweight and obese in a randomized trial. **BMC Public Health**, London, 2012.

HOLLMANN, W; PRINZ, J. Ergoespirometry and its History. **Journal of Sports Medicine**, Baltimore, p.93-105, 1997.

HOTTENROTT, K; LUDYGA, S; SCHULZE, S. Effects of high intensity training and continuous endurance training on aerobic capacity and body composition in recreationally active runners. **Journal of Sports Science and Medicine**, Bursa, v.11, p.483-488, 2012.

HOWLEY, T. E; BASSET, R. D; WELCH, G. H. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. **Medicine and science in sports and exercise**, v.27, n. 9, p. 1292-1301, 1995.

JENSEN, K; JOHANSEN, L; SECHER, N. Influence of body mass on maximal oxygen uptake: effect os sample size. **Journal of Applied Physiology**, Washington,v.84, p. 201-205, 2001.

JUEL, C. Muscle pH regulation: role of training. **Scandinavian Physiological Society**, Stockholm, v. 162, p. 359-366, 1998.

LEAL JUNIOR, E. C. P. et al. Estudo comparativo do consumo de oxigênio e limiar anaeróbio em um teste de esforço progressivo entre atletas profissionais de futebol e futsal. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v.12, n.6, p. 323-326, 2006.

LENTI, M. et al. Effects of Aging and Training Status on Ventilatory Response During Incremental Cycling Exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Lincoln, v. 25, n.5, p. 1326-1332, 2011.

LIMA, A. et al. Acute Effect of Resistance Exercise Intensity in Cardiac Autonomic Modulation After Exercise. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, São Paulo, 2011.

LOURENÇO, T. 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**, Florianópolis, v.9, n.3, p. 303-310, 2007.

LUCÍA, A et al. Heart rate and performance parameters in elite cyclists: a longitudinal study. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 32, n. 10, p. 1777-1782, 2000.

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

MOREL, E. A; ZAGATTO, A.M. Adaptação dos Testes de Lactato Mínimo, Potência Crítica e Limiar Anaeróbio para Avaliação da Transição Anaeróbia- Anaeróbia em Protocolo Específico para o Tênis de Mesa. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 14, n. 6, p. 518-522, 2008.

NEDER, J.A; NERY, L.E. Teste de Exercício Cardiopulmonar. **Jornal de Pneumologia**, Brasília, v. 28, p. 166-206, 2002.

OKANO, A. et al. Comparação entre limiar anaeróbio determinado por variáveis ventilatórias e pela resposta do lactato sanguíneo em ciclistas. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 39-44, 2006.

OKU, Y. et al. Effects of changes in ventilation on respiratory discomfort during isocapnic exercise. **Respiration Physiology**, Amsterdam, v.104, p. 107-114, 1996.

OLIVEIRA, E. et al. Aspectos Moleculares da Hipertrofia dos Músculos Cardíaco e Esquelético após o Treinamento Físico. In: NEGRÃO, C; BARRETO, A, Ed(s). **Cardiologia do Exercício: do Atleta ao Cardiopata**. São Paulo: Manole, p. 55-79, 2006.

OSHIMA, Y. et al. Relationship between isocapnic buffering and maximal aerobic capacity in athletes. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.76, p. 409-414, 1997.

PAAVOLAINEN, L. et al. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. **Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 86, n. 5, p. 1527-1533, 1999.

PINGE, M. Cardiovascular and autonomic modulation by the central nervous system after aerobic exercise training. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v. 44, n. 9, p. 848-854, 2011.

PITHON, KR. et al. Comparação das Respostas Cardiorrespiratórias entre Exercício de Carga constante e incremental abaixo, acima e no limiar de anaerobiose ventilatório. **Brazilian journal of physical therapy**, São Carlos, v.10, p. 163-169, 2006.

PUPO, J. et al. Características Fisiológicas de Corredores Meio- Fundistas de diferentes níveis Competitivos. **Revista da Educação Física**, Maringá, v. 22, n. 1, p. 119-127, 2011.

REINHARD, U.M; SCHMULLING, R.M. Determination of anaerobic threshold by the ventilatory equivalent in normal individuals. **Respiration Physiology**, Amsterdam, v.38, p. 36-42, 1979.

RIBEIRO, J.P. Limiares Metabólicos e Ventilatórios Durante o Exercício. Aspectos Fisiológicos e Metodológicos. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, São Paulo, v. 64, n. 2, p. 171-181, 1995.

ROCCO, E. et al. Effect of continuous and interval exercise training on the PETCO₂ response during a graded exercise test in patients with coronary artery disease. **Clinics**, São Paulo, v. 67, n. 6, p. 623-627, 2012.

ROCKER, K. et al. Relative functional buffering capacity in 400-meter runners, long-distance runners and untrained individuals. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 68, p. 430-434, 1994.

ROSENBERGER, F. et al. Differences in adaptations to 1 year of aerobic endurance training: individual patterns of nonresponse. **Scandinavian journal of medicine and science in sports**, Copenhagen, v. 22, p. 113-118, 2012.

SANTHIAGO, V. et al. Influência da Forma de Indução à Acidose na Determinação da Intensidade de Lactato Mínimo em Corredores de Longa Distância. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v.14, n. 4, p. 393-398, 2008.

SANTOS, T; GOMES, P. Influência De Dois Protocolos E Cinco Critérios Na Relação Entre Os Limiares Ventilatórios E Láticos. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 53-65, 1998.

SCHNEIDER DA, Pollack J. Ventilatory threshold and maximal oxygen uptake during cycling and running in female triathletes. **International Journal of Sports Medicine**, v.12, p. 379-383, 1991.

SHAW, I. et al. Concurrent resistance and aerobic training as protection against heart disease. **Cardiovascular Journal of Africa**, Durbanville, v. 21, n. 4, p. 196-199, 2010.

SILVA, A. et al. Comparação entre métodos invasivos e não invasivo de determinação da capacidade aeróbia em futebolistas profissionais. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 11, n.4, p. 233-237, 2005.

SILVA, P; TRINDADE, R; ROSE, E. Composição Corporal, somatotipo e proporcionalidade de culturistas de elite do Brasil. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v.9, n.6, p. 403-407, 2003.

SILVA, S; MONTEIRO, W; FARINATTI, P. Avaliação da Capacidade Máxima de Exercício: Uma Revisão sobre os Protocolos Tradicionais e a Evolução para Modelos Individualizados. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 17, n. 5, p. 363-369, 2011.

SIMÕES, H. et al. Métodos para Identificar o Limiar Anaeróbio em Indivíduos com Diabetes Tipo 2 e em Não Diabéticos. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, São Paulo, v. 94, n.1, p.71-78, 2010.

SKINNER, JS; MCLELLAN, TH. The Transition from aerobic to anaerobic metabolism. **Medline**, p. 234-248, 1980.

SLENTZ, C. et al. Effects of aerobic vs. resistance training on visceral and liver fat stores, liver enzymes, and insulin resistance by HOMA in overweight adults from STRRIDE

AT/RT. **American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism**, Bethesda, v. 301, p.1033-1039, 2011.

SMITH, D. A.; ÓDONNELL, T. V. The time course during 36 weeks endurance training of changes in VO_2 max. and anaerobic threshold as determined with a new computerized method. **Clinical Science**, London, v. 67, n. 2, p. 229-36, 1984.

SOUZA, K. et al. Variáveis Fisiológicas e Neuromusculares Associadas com a Performance Aeróbia em Corredores de Endurance: Efeitos da Distância da Prova. **Revista Brasileira Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 17, n. 1, p.40-44, 2011.

SOUZA, N. et al. Acute Cardiorespiratory and Metabolic Responses During Resistance Exercise in the Lactate Threshold Intensity. **International journal of sports medicine**, Stuttgart, v.33, p. 108-113, 2012.

SOUZA, N. M. F. et al. The measurement of lactate threshold in resistance exercise: a comparison of methods. **Clinical physiology and functional imaging**, Oxford, v.31, p. 376-381, 2012.

SOUZA, T. et al. Efeitos do Treinamento de Resistência de Força com Alto Número de Repetições no Consumo Máximo de Oxigênio e Limiar Ventilatório de Mulheres. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v.14, n.6, p. 513-517, 2008.

STEWART, A. et al. International standards for anthropometric assessment. **ISAK**, New Zeland, 2011.

SUN, X. et al. Ventilatory Efficiency during Exercise in Healthy Subjects. **American Journal of Respiratory And Critical Care Medicine**, New York, v. 166, p. 1443-1448, 2012.

TANEHATA, M. et al. The Time From Anaerobic Threshold (AT) to Respiratory Compensation Point Reflects the Rate of Aerobic and Anaerobic Metabolism After the AT in Chronic Heart Failure Patients. **Japanese Circulation Journal**, Kyoto, v.63, p. 274-277, 1999.

WASSERMAN, K. & WHIPP, B. J. - Exercise physiology in health and disease. **American review of respiratory disease**, v. 112, p. 219-249, 1975.

WASSERMAN, K. et al. **Prova de Esforço: Princípios e Interpretação**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Revinter, 2005. 555 p.

WASSERMAN, K. The anaerobic threshold measurement to evaluate exercise performance. **American review of respiratory disease**, New York, v.129, p. 35-40, 1984.

WHIP, B; DAVIS, J; WASSERMAN, K. Ventilatory control of the 'isocapnic buffering' region in rapidly- incremental exercise. **Respiration Physiology**, Amsterdam, v. 76, p. 357-368, 1989.

WHIPP, B. Physiological mechanisms dissociating pulmonary CO₂ and O₂ exchange dynamics during exercise in humans. **Experimental physiology**, Cambridge, v. 92, n. 2, p. 347-355, 2006.

WISÉN, A; WOHLFART, B. A refined technique for determining the respiratory gas exchange responses to anaerobic metabolism during progressive exercise- repeatability in a group of health men. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, Oxford, v.24,n. 1, p. 1-9, 2004.

YASBECK, JR.P. et al. Ergoespirometria. Teste de Esforço Cardiopulmonar, Metodologia e Interpretação. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, São Paulo, v. 71, n. 5. p. 19-24, 1998.

9. ANEXO

9.1 ANEXO I: Comitê de Ética em Pesquisa em Humanos do Centro de Ciências da Saúde da UFES (Anexo I - protocolo 009/10).



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Vitória-ES, 24 de março de 2010.

Da: Profa. Dr^a. Ethel Leonor Noia Maciel
Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde

Para: Prof. (a) José Geraldo Mill.
Pesquisador (a) Responsável pelo Projeto de Pesquisa intitulado: **“Parâmetros estruturais e funcionais do coração e de vasos sanguíneos em indivíduos submetidos por longo prazo, ao treinamento aeróbico ou resistido”**.

Senhor (a) Pesquisador (a),

Informamos a Vossa Senhoria, que o Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Espírito Santo, após analisar o Projeto de Pesquisa n^o. **009/10** intitulado: **“Parâmetros estruturais e funcionais do coração e de vasos sanguíneos em indivíduos submetidos por longo prazo, ao treinamento aeróbico ou resistido”** e o **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**, cumprindo os procedimentos internos desta Instituição, bem como as exigências das Resoluções 196 de 10.10.96, 251 de 07.08.97 e 292 de 08.07.99, **APROVOU** o referido projeto, em Reunião Ordinária realizada em 24 de março de 2010.

Gostaríamos de lembrar que cabe ao pesquisador responsável elaborar e apresentar os relatórios parciais e finais de acordo com a resolução do Conselho Nacional de Saúde n^o 196 de 10/10/96, inciso IX.2. letra “c”.

Atenciosamente,


Prof^a Dr^a Ethel Leonor Noia Maciel
COORDENADORA
Comitê de Ética em Pesquisa
Centro de Ciências da Saúde/UFES

Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde
Av. Marechal Campos, 1468 – Maruípe – Vitória – ES – CEP 29.040-091.
Telefax: (27) 3335 7504

9.2 APÊNDICE I: Questionário de Seleção Amostral

QUESTIONÁRIO DE SELEÇÃO AMOSTRAL**1) DADOS PESSOAIS**

1.1- Nome: _____

1.2- Idade (anos): _____

1.3- Telefone: (____) _____ celular (____) _____

E-mail: _____ Orkut: _____

Telefones de amigos ou familiares: (1) _____ (2) _____

2) HÁBITOS E INDICADORES DE SAÚDE E DOENÇA

2.1- Tabagismo:

- Sim, regularmente (NÃO ELEGÍVEL)
- Sim, ocasionalmente (<1 cigarro/dia em média) (NÃO ELEGÍVEL)
- Não, e nunca foi fumante
- Não no momento, no passado sim

2.2- Etilismo. Você ingere bebida alcoólica?

- Sim, regularmente (2 ou mais vezes por semana) (NÃO ELEGÍVEL)
- Sim, ocasionalmente (1 vez a cada uma ou duas semanas)
- Sim, raramente (>1 vez a cada duas ou quatro semanas)
- Não (>1 vez por mês)
- Não no momento, no passado sim

2.3 – Você tem diabetes?

- Não
- Não sei informar
- Sim (NÃO ELEGÍVEL)

2.4 – Você tem alguma doença cardíaca ou vascular?

- Não
- Não sei informar
- Sim (NÃO ELEGÍVEL)

Se SIM, especifique _____

2.5 – Alguém da sua família (parentes de 1º grau) possui doença cardíaca ou vascular?

- Não
- Não sei informar
- Sim (NÃO ELEGÍVEL)

2.6 – Você teve alguma internação hospitalar nos últimos 5 anos?

- Não
- Sim (se for por doença cardíaca, NÃO ELEGÍVEL)

3) PRÁTICA DE EXERCÍCIO FÍSICO E HÁBITOS DE VIDA

3.1 - Você é fisiculturista ou levantador de peso profissional (ou seja, em que ao menos parte de sua renda venha dessas atividades)?

- Sim
- Não (vá para a questão 3.2)

a) Se SIM, especifique: _____

b) Se SIM, há quanto tempo é profissional (meses)? _____

c) Se SIM, há quanto tempo pratica “musculação”, incluindo o período não profissional? _____ (em meses).

3.2- Você é atleta profissional de corrida aeróbica (ou seja, em que ao menos parte de sua renda venha dessa atividade)?

Sim Não (vá para a questão 3.3)

a) Se SIM, qual modalidade de corrida aeróbica você pratica:

Corrida de curta distância (5 Km). Especifique (Km): _____

Corrida de média distância (5 a 20 Km). Especifique (Km): _____

Corrida de longa distância (> 20 Km). Especifique (Km) _____

3.3 - Você pratica exercício físico de forma regular por tempo superior a 2 anos (3 ou mais vezes/semana; duração >30 min/sessão)?

Sim Não (vá para a questão 3.4)

a) Se SIM, qual o tipo de exercício:

Musculação

Corrida aeróbica de curta distância (5 Km)

Corrida aeróbica de média distância (5 a 20 Km)

Corrida aeróbica de longa distância (> 20 Km)

Musculação e corrida aeróbica concomitantemente (NÃO ELEGÍVEL)

Ginástica aeróbica ou localizada (NÃO ELEGÍVEL)

Caminhada (NÃO ELEGÍVEL)

Outras: _____ (NÃO ELEGÍVEL)

b) Há quanto tempo pratica:

2 a 4 anos 4 a 6 anos 6 a 8 anos 8 a 10 anos > 10 anos

3.4 - Você praticou exercício físico de forma regular (3 ou mais vezes/sem; duração >30 min/sessão) durante os 2 anos anteriores?

Sim Não (vá para a questão 3.5)

a) Se SIM, qual o tipo de exercício:

Musculação

Corrida aeróbica de curta distância (5 Km)

Corrida aeróbica de média distância (5 a 20 Km)

Corrida aeróbica de longa distância (> 20 Km)

Musculação e corrida aeróbica concomitantemente

Ginástica aeróbica ou localizada

Caminhada

Outras: _____

b) Se SIM, por quanto tempo:

até 6 meses

6 a 12 meses

12 a 18 meses (NÃO ELEGÍVEL)

18 a 24 meses (NÃO ELEGÍVEL)

3.5 - Você se importaria (se oporia) em responder questões sobre uso de fármacos anabólicos (ex: anabolizantes, hormônios do crescimento, insulina, ou outros)?

Sim (ir para tópico 4) Não

3.6 - Você já **FEZ** uso de fármacos anabólicos (ex: anabolizantes, hormônios do crescimento, insulina, ou outros)?

Sim Não

a) Se SIM, descreva "nome(s) do(s) produto(s)", "quantidade(s) diária", "frequência semanal", "tempo de uso" e "quando parou".

3.8.2 - Você **FAZ** atualmente uso de fármacos anabólicos (ex: anabolizantes, hormônios do crescimento, insulina, ou outros)?

Sim Não

a) Se SIM, descreva "nome(s) do(s) produto(s)", "quantidade(s) diária", "frequência semanal", "tempo de uso" e "quando iniciou".

4) SOMATÓTIPO

1) Peso corporal (kg): _____ Estatura (m): _____

2) Circunferências (cm):

a) Braço direito contraído: _____ (cm)

b) Perna direita contraída: _____ (cm)

3) Dobras cutâneas (mm):

a) Tricipital: (1ª) _____ (2ª) _____ (3ª) _____

b) Subescapular: (1ª) _____ (2ª) _____ (3ª) _____

c) Suprailíaca: (1ª) _____ (2ª) _____ (3ª) _____

d) Panturrilha: (1ª) _____ (2ª) _____ (3ª) _____

4) Diâmetros

a) Bicondilar femoral: (1ª) _____ (2ª) _____

b) Biepicondilar umeral: (1ª) _____ (2ª) _____

5) Somatotipo

Ectomorfia: _____

Mesomorfia: _____

Endomorfia: _____

Classificação: _____ (para voluntários praticantes de musculação será necessária mesomorfia predominante, caso contrário ele será NÃO ELEGÍVEL)

Avaliador: _____

9.2.2 **APÊNDICE II:** Termo De Consentimento Livre E Esclarecido

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
Centro de Ciências da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Ciências Fisiológicas

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado para participar, como voluntário, em uma pesquisa científica. Após ser esclarecido sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, você deverá assinar duas vias deste documento, sendo que uma das vias lhe será entregue e a outra ficará sob a guarda do pesquisador responsável pelo estudo. Em caso de recusa você não será penalizado de forma alguma. Em caso de dúvida você poderá procurar o Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde (CCS) da Universidade Federal do Espírito Santo, situado à Avenida Marechal Campos, 1468, Prédio da Direção do CCS, Maruípe, Vitória, ES. (Tel: 3335-7211; home page: <http://www.ccs.ufes.br>).

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA

Título do Projeto: Parâmetros estruturais e funcionais do coração e de vasos sanguíneos de indivíduos submetidos, por longo prazo, ao treinamento aeróbico ou resistido.

Pesquisador Responsável: Prof. Dr. José Geraldo Mill – Professor Titular do Departamento de Ciências Fisiológicas do Centro de Ciências da Saúde da UFES.

Telefone para contato: (27) 3335-7335.

Endereço de realização da pesquisa: Clínica de Investigação Cardiovascular, Av. Marechal Campos, 1468, Maruípe, Vitória, ES, CEP: 29042-755.

Telefone: (27)3335-7399

Objetivo: O principal objetivo é obter dados referentes às modificações da estrutura e funcionamento dos vasos sanguíneos e do coração em indivíduos que se submeteram aos treinamentos físicos de força (ex: musculação) ou aeróbico (ex: corridas de longa distância) por longos períodos de tempo (pelo menos 2 anos). Para comparar dados, será feito também o levantamento dos mesmos tipos de dados em um grupo controle que não tenham sido submetidos a estes tipos de treinamento.

Detalhamento do estudo: Você poderá ser incluído como voluntário do estudo se tiver idade entre 18 e 45 anos, for do sexo masculino, ter praticado musculação ou corridas aeróbicas de longa duração há pelo menos 2 anos, ou não ter se engajado em programas regulares de exercício físico no último ano.

Você não poderá fazer parte do estudo se for tabagista, apresentar história de morte súbita (ou repentina) em familiar de 1º grau (pais ou irmãos) ou ainda se você apresentar em exame clínico inicial sinais ou sintomas de doença cardíaca ou pulmonar ou ainda apresentar outras doenças ou alterações que dificultem sua participação no estudo, como alterações de esqueleto, doenças musculares, dentre outras.

Se incluído no estudo você será submetido às seguintes análises e exames:

- a) Avaliação antropométrica (medidas corporais);
- b) Avaliação dos hábitos alimentares e consumo de alimentos;
- c) Coleta de urina durante 12 horas feita à noite (19 h às 7 h do dia seguinte);
- d) Medidas da pressão arterial em repouso e durante colocação da mão em água gelada (teste pressórico do frio);
- e) Coleta de 16 a 20 mililitros de sangue (menos do que uma colher de sopa), por punção da veia do braço, para medidas bioquímicas (açúcar, gorduras, etc). O material não usado nestas dosagens iniciais será armazenado no Banco de Materiais Biológicos do Programa de Pós-Graduação em Ciências Fisiológicas.
- e) Medidas para avaliação da rigidez e da função das grandes artérias, através de testes não invasivos (velocidade de onda de pulso e tonometria de pulso);
- f) Eletrocardiograma de repouso e eletrocardiograma de longa duração (10 a 20 minutos) para investigar o controle do sistema nervoso sobre os batimentos cardíacos;
- g) Ecocardiograma
- h) Questionários sobre dados pessoais, consumo de medicamentos, de suplementos nutricionais, de substâncias para melhorar o desempenho esportivo, escolaridade e treinamento desportivo já realizado.
- i) Teste ergométrico para avaliar a função cardiorrespiratória em esforço

Os itens de “a” a “h” serão realizados em um só dia, pela manhã, na Clínica de Investigação Cardiovascular da Pós-Graduação em Ciências Fisiológicas da Ufes (Maruípe). O teste ergométrico ou ergoespirométrico (item “i”) será feito no Laboratório de Fisiologia do Exercício do Centro de Educação Física e Desportos da Ufes (Goiabeiras) ou em outro local indicado pela coordenação do projeto. Você poderá ser impedido de realizar este teste se alguns dos exames feitos anteriormente indicarem risco elevado na realização deste exame.

A obtenção de dados neste conjunto de questionários e exames clínicos e laboratoriais permitirá aos pesquisadores um melhor conhecimento sobre as adaptações do coração e vasos sanguíneos às duas modalidades de treinamento.

AVALIAÇÃO DE RISCOS E BENEFÍCIOS

A avaliação da função cardiovascular é importante de ser feita periodicamente em indivíduos que praticam atividade física de moderada a alta intensidade, pois o exercício também representa um risco de morte súbita. Achados de alterações no eletrocardiograma em repouso ou em esforço ou alterações exageradas da pressão arterial em esforço, contra-indicam a realização de atividade física de moderada a alta intensidade. Portanto, ao participar do

estudo você poderá dispor de dados que fornecerão uma boa avaliação do seu estado geral de saúde. Ao final de sua participação você receberá os resultados de todos os exames realizados, e um pesquisador do estudo estará ao seu dispor, em dia e horário pré-agendado, para explicar o significado de cada uma das medidas.

Os riscos para sua participação neste estudo são mínimos. A retirada de sangue da veia do braço pode causar algum desconforto e dor conseqüente à picada de agulha. Também poderá haver pequena perda de sangue debaixo de sua pele e ficar uma mancha roxa que desaparece em alguns dias. A retirada de sangue da veia, entretanto, é procedimento necessário, comum e muito bem tolerado pela quase totalidade dos adultos. No teste pressórico do frio será feita a medida de sua pressão durante a exposição de sua mão esquerda à água gelada. Isso causa ansiedade e dor, mas este teste também é bem tolerado pela grande maioria dos indivíduos. Os demais testes não são invasivos e constituem procedimentos sem risco ou maior desconforto.

DIREITOS E DEVERES DO PARTICIPANTE DA PESQUISA

Se você aceitar participar desta pesquisa, você terá direito a:

- a) Receber os resultados de todos os exames realizados;
- b) Retirar-se do estudo a qualquer momento. Neste caso, serão fornecidos os resultados dos exames realizados até então;
- c) Recusar-se a realizar qualquer um dos exames previstos ou a responder a qualquer uma das perguntas que lhe forem feitas nos questionários;
- d) Ter todos os seus dados pessoais mantidos em sigilo.

Como participante você tem os seguintes deveres:

- a) Seguir a orientação dos pesquisadores em relação às condições para realização dos exames (coleta da urina nas horas indicadas, manter o jejum dentro do prazo estabelecido e seguir as orientações dos pesquisadores durante a realização dos exames);
- b) Prestar as informações corretas nas perguntas que lhe forem feitas e, em caso de recusa, mencionar que você não quer responder aquela pergunta formulada pelos pesquisadores.

Portanto, a sua aceitação em participar deste projeto torna claro que você consente que:

- a) Seja feita a coleta e as análises dos dados conforme descrito acima;
- b) Seja armazenado material biológico (plasma, soro e urina);
- c) Os dados obtidos nesta pesquisa possam ser usados para elaboração de relatórios, dissertações, teses e publicações dos resultados em revistas científicas. Nestas publicações será garantido o sigilo, ou seja, em hipótese alguma as divulgações em qualquer meio permitirão a identificação do seu nome ou outros dados pessoais, mantendo-se, portanto, o seu total anonimato.
- d) Também fica acertado que não haverá qualquer benefício financeiro, direto ou indireto, pela sua participação no projeto, até porque é proibida pela legislação brasileira (Resolução 1/98 – Conselho Nacional de Saúde).

