

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

VICTOR HUGO GASPARINI NETO

**INFLUÊNCIA DO NÍVEL DE DESEMPENHO CARDIOPULMONAR SOBRE O ES-  
TADO ESTÁVEL EM DIFERENTES INTENSIDADES DE CORRIDA**

VITÓRIA, 2016

VICTOR HUGO GASPARINI NETO

**INFLUÊNCIA DO NÍVEL DE DESEMPENHO CARDIOPULMONAR SOBRE O ESTADO ESTÁVEL EM DIFERENTES INTENSIDADES DE CORRIDA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Física do Centro de Educação Física e Desportos da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para a obtenção do título de mestre em Educação Física.

Área de concentração: Educação Física, movimento corporal humano e saúde.

Orientador: Prof. Dr. Anselmo José Perez

VITÓRIA

2016

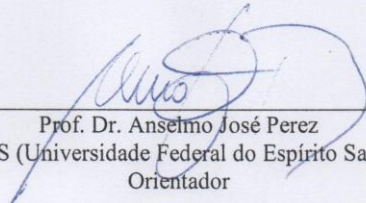
VICTOR HUGO GASPARINI NETO

**INFLUÊNCIA DO NÍVEL DE DESEMPENHO CARDIOPULMONAR SOBRE O ESTADO ESTÁVEL EM DIFERENTES INTENSIDADES DE CORRIDA**

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 a obtenção do título de Mestre em Educação Física.

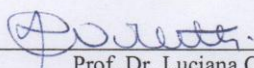
Vitória, 30 de Março de 2016.

BANCA EXAMINADORA




---

Prof. Dr. Anselmo José Perez  
UFES (Universidade Federal do Espírito Santo)  
Orientador



---

Prof. Dr. Luciana Carletti  
UFES (Universidade Federal do Espírito Santo)



---

Prof. Dr. (Paulo Henrique) Silva Marques de Azevedo  
UNIFESP (Universidade Federal de São Paulo)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente minha amada esposa Janaína Fonseca Pinheiro de Lacerda Gasparini pelo apoio e compreensão nessa desafiadora etapa da vida, sempre me incentivando e me colocando para cima a cada momento que precisei. Muito obrigado!

Agradeço ao professor e orientador Anselmo José Perez por confiar em mim, me passando autonomia em tomadas de decisões, nas orientações nos momentos certos para que a pesquisa desse certo. Agradeço a querida professora Luciana Carletti (Lulu), pela paciência, pelo carinho e pelas valiosas contribuições durante o mestrado.

Agradeço as grandes contribuições acadêmicas do professor Paulo Henrique Silva Marques de Azevedo, pelo aceite em participar da Banca e ao permitir um maior peso científicos nos dados analisados, aprimorando a qualidade do trabalho.

Agradeço aos amigos vizinhos de laboratório, Jóctan Pimentel, Francisco Brioschi e Graziely Zaroni, que estiveram na mesma etapa trabalhosa e de dedicação, sempre mantendo a descontração e harmonia nas conversas científicas no horário do café.

Agradeço aos atletas de elite e aos não atletas que participaram voluntariamente se disponibilizando contribuindo de maneira efetiva na minha formação.

Agradeço também aos amigos de laboratório: Alexandra Gomes, Carla Zimerer, Fabrícia Gomes, Juliana Zanol, Letícia Nascimento, Priscila Prudêncio, Sabrina Alves, Tomás Perez, Vanessa Cândido e Weverton Rufo. Muito obrigado pelas belas contribuições acadêmicas e pela companhia.

Agradeço à Bianca Castro Fernandes e à Joana Botelho, pela sempre disponibilidade em ajudar com assuntos burocráticos dos meus serviços pessoais. Obrigado!

Por fim, agradeço todos que acreditaram em mim e contribuíram de maneira direta ou indireta para que esse trabalho fosse realizado.

Muito obrigado!

## RESUMO

O estado estável (*steady state*) representa os ajustes intrínsecos do organismo a fim de manter o equilíbrio de substratos energéticos no exercício físico para contração muscular. Durante o exercício físico de intensidade moderada ou abaixo do LAV, atinge-se o estado estável em variáveis fisiológicas como já relatado na literatura clássica. Estudos que mediram lactato sanguíneo demonstraram a ocorrência do estado estável, porém ainda não está claro na literatura quais variáveis ventilatórias o definem em intensidades caracterizadas como desequilíbrio que são o LAV e o PCR. Os objetivos foram: a) descrever o comportamento de diferentes variáveis cardiopulmonares em sessões de exercício com velocidades constantes de corrida, correspondentes às intensidades do  $vLAV_{tcpe}$  e  $vPCR_{tcpe}$ , identificando o estado estável. b) comparar a concordância dos valores registrados no TCPE com os valores das sessões na  $vLAV_{sessão}$  e  $vPCR_{sessão}$ . Foi realizado um estudo transversal quasi-experimental com amostra composta por 9 indivíduos atletas de elite (AE) e 9 não atletas (NA), treinados em corrida de rua. Realizou-se três visitas ao laboratório. Primeiro, realização do TCPE até a exaustão voluntária dos indivíduos para identificação dos limiares ventilatórios e  $VO_{2máx}$ . Segundo, uma sessão de exercício de duração máxima de 1 hora na velocidade do LAV ( $vLAV_{sessão}$ ) e terceiro, uma sessão de exercício na velocidade do PCR ( $vPCR_{sessão}$ ) até a fadiga, com mensuração contínua dos gases expirados e frequência cardíaca. Utilizou-se dois critérios para identificação de estado estável: 1- variações de 5%, 6%, 5,5% e 3% utilizadas para  $VO_2$ ,  $VCO_2$ , VE, RTR, respectivamente e ANOVA de uma via com significância estatística de  $p \leq 0,05$ . Uma sessão de exercício contínuo com velocidade constante nas intensidades relativas ao LAV e ao PCR demonstraram similaridades no comportamento de estado estável (*steady state*) nas variáveis ventilatórias e metabólicas, exceto para RTR e FR na  $vLAV_{sessão}$ , no grupo NA e VE e FC na  $vPCR_{sessão}$  nos grupos AE e NA respectivamente ( $p \leq 0,05$ ). A sessão de LAV apresentou menor concordância com os valores apresentados no TCPE, comparado à sessão de PCR, que apresentou melhor concordância nos valores em ambos grupos. Foi possível identificar estado estável a partir de variáveis ventilatórias e metabólica nas intensidades correspondentes ao limiar anaeróbio ventilatório (LAV) e no ponto de compensação respiratória (PCR) e esse fenômeno ocorreu independente do nível de desempenho físico.

**Palavras-chave:** Exercício Aeróbico, Estado Estável, Limiar Anaeróbio, Ponto de Compensação Respiratória, Corrida, Desempenho Atlético.

## ABSTRACT

The steady state is the intrinsic body adjustments to maintain the balance of energy substrates exercise for muscle contraction. During the exercise of moderate intensity or below the anaerobic threshold, this happens with physiological variables as reported in classical literature. Studies that measured blood lactate showed steady state, but is still not clear in the literature which ventilatory variables can define the steady state in intensities that is considered imbalance as the ventilatory anaerobic threshold (VAT), and respiratory compensation point (RCP). The objectives was: a) to describe the behavior of different variables in cardiopulmonary exercise sessions with racing constant speeds, corresponding to the intensities of  $vVAT_{cpX}$  and  $vPCR_{cpX}$ , identifying the steady state. b) To compare the values recorded in CPX with sessions on values on  $vVAT_{session}$   $vRCP_{session}$ . A quasi-experimental cross-sectional study with nine elite athletes (EA) and nine non-athletes (NA), trained in street race was selected. He carried out three visits to the laboratory. First, application of CPX testing until volitional exhaustion to identify the ventilatory thresholds and  $VO_{2max}$ . Second, a maximum of 1 hour workout at the speed of VAT and third, a workout at the speed of RCP to fatigue, with continuous measurement of exhaled gases (Cortex Metalyzer 3B) and heart rate (Polar®). Two criteria was used for identification of steady state: 1- variations of 5%, 6%, 5.5% and 3% use to  $VO_2$ ,  $VCO_2$ , VE, RER, respectively, and one way ANOVA with significance at  $p \leq 0.05$ . A continuous workout with constant speed on the relative intensities of the VAT and RCP demonstrated similarities in the steady state behavior in the ventilatory and metabolic variables except for RER and RF in  $vVAT$ , and the VE and HR in the AE groups and NA respectively ( $p \leq 0.05$ ). The VAT session showed less consistent with the figures in the CPX testing, compared to RCP session, which showed better agreement for both groups. It was possible to identify the steady state for ventilatory variables in a workout at the speed the VAT and the RCP and this phenomenon occurred regardless of the physical performance level.

Keywords: Aerobic Exercise, Steady State, Anaerobic Threshold, Racing, Athletic Performance.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Comportamento do $VO_2$ ( $\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) durante corrida no LAV de AE e NA.....	27
<b>Figura 2</b> – Comportamento da FC ( $\text{bpm.min}^{-1}$ ) durante corrida no LAV de AE e NA.....	27
<b>Figura 3</b> – Comportamento do $VCO_2$ ( $\text{L.min}^{-1}$ ) durante corrida no LAV de AE e NA.....	28
<b>Figura 4</b> – Comportamento da VE ( $\text{L.min}^{-1}$ ) durante corrida no LAV de AE e NA.....	29
<b>Figura 5</b> – Comportamento da FR ( $\text{ir.min}^{-1}$ ) durante corrida no LAV de AE e NA.....	29
<b>Figura 6</b> – Comportamento do VC (L.) durante corrida no LAV de AE e NA.....	30
<b>Figura 7</b> – Comportamento da RTR durante corrida no LAV de AE e NA.....	31
<b>Figura 8</b> – Comportamento $VO_2$ $\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ durante corrida no PCR de AE.....	33
<b>Figura 9</b> – Comportamento da FC ( $\text{bpm.min}^{-1}$ ) durante corrida no PCR de AE.....	34
<b>Figura 10</b> – Comportamento do $VCO_2$ ( $\text{L.min}^{-1}$ ) durante corrida no PCR de AE.....	34
<b>Figura 11</b> – Comportamento da RTR durante corrida no PCR de AE.....	35
<b>Figura 12</b> – Comportamento da VE ( $\text{L.min}^{-1}$ ) durante corrida no PCR de AE.....	36
<b>Figura 13</b> – Comportamento da FR ( $\text{ir.min}^{-1}$ ) durante corrida no PCR de AE.....	36
<b>Figura 14</b> – Comportamento do VC (L.) durante corrida no PCR de AE.....	37
<b>Figura 15</b> – Comportamento $VO_2$ $\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ durante corrida no PCR de NA.....	38
<b>Figura 16</b> – Comportamento da FC ( $\text{bpm.min}^{-1}$ ) durante corrida no PCR de NA.....	39
<b>Figura 17</b> – Comportamento do $VCO_2$ ( $\text{L.min}^{-1}$ ) durante corrida no PCR de NA.....	40
<b>Figura 18</b> – Comportamento da RTR durante corrida no PCR de NA.....	40
<b>Figura 19</b> – Comportamento da VE ( $\text{L.min}^{-1}$ ) durante corrida no PCR de NA.....	41
<b>Figura 20</b> – Comportamento da FR ( $\text{ir.min}^{-1}$ ) durante corrida no PCR de NA.....	41
<b>Figura 21</b> – Comportamento do VC (L.) durante corrida no PCR de NA.....	42

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Características antropométricas dos atletas e não atletas, corredores de rua.....	20
<b>Tabela 2</b> – Variáveis ventilatórias, metabólicas e de velocidade do TCPE referentes ao LAV.....	23
<b>Tabela 3</b> – Variáveis ventilatórias, metabólicas e de velocidade do TCPE referentes ao PCR.....	23
<b>Tabela 4</b> – Variáveis ventilatórias, metabólicas e de velocidade do TCPE referentes ao Esforço Máximo.....	24
<b>Tabela 5</b> – Valores percentuais (%) de FC e VO <sub>2</sub> nas intensidades do LAV, PCR, obtidos no TCPE em Atletas de Elite (AE) e não atletas (NA) corredores de rua.....	24
<b>Tabela 6</b> – Comparação dos valores das variáveis ventilatórias e metabólica referentes ao vLAV <sub>tcpe</sub> e da sessão de exercício referentes ao vLAV <sub>sessão</sub> em Atletas de Elite (AE).....	25
<b>Tabela 7</b> – Comparação dos valores das variáveis ventilatórias e metabólica referentes ao vLAV <sub>tcpe</sub> e da sessão de exercício referentes ao vLAV <sub>sessão</sub> em não atletas (NA).....	26
<b>Tabela 8</b> – Comparação dos valores das variáveis ventilatórias e metabólica no vPCR <sub>tcpe</sub> e da sessão de exercício referentes à vPCR <sub>sessão</sub> do grupo Atletas de Elite (AE).....	33
<b>Tabela 9</b> – Comparação dos valores das variáveis ventilatórias e metabólica no vPCR <sub>tcpe</sub> e da sessão de exercício referentes à vPCR <sub>sessão</sub> do grupo Não Atletas (NA).....	38



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**%VO<sub>2LAV</sub>** – Percentual do consumo máximo de oxigênio medido no limiar anaeróbio ventilatório

**%FC<sub>LAV</sub>** – Percentual da frequência cardíaca máxima medida no Limiar anaeróbio ventilatório

**AE** – Atletas de elite

**ANOVA** – Análise de variância

**ACSM** – Colégio Americano de Medicina do Esporte

**ATP** – Adenosina trifosfato

**BHAD** – 3 Hidroxyacil Coenzima A desidrogenase

**CO<sub>2</sub>** – Dióxido de carbono

**DP** – Desvio padrão

**ES** – (*Effect size* – tamanho de efeito)

**FC** – Frequência cardíaca

**FC<sub>máx.</sub>** – Frequência cardíaca máxima

**FC<sub>LAV</sub>** – Frequência Cardíaca referente ao limiar anaeróbio ventilatório

**FR** – Frequência Respiratória

“**g**” – g de Hedges

**IMC** – Índice de Massa Corporal

**H<sup>+</sup>** – Íons hidrogênio

**HCO<sub>3</sub>** – Íons bicarbonato

**H<sub>2</sub>O** – Água

**H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>** – Ácido carbônico

**LAV** – Limiar anaeróbio ventilatório

**vLAV<sub>sessão</sub>** – Valores relacionados à sessão de exercício no LAV

**vLAV<sub>tcpe</sub>** – Valores relacionados ao TCPE

**[Lac]** – Concentrações sanguíneas de lactato

**LAFEX** – Laboratório de Fisiologia do Exercício

**MFEL** – Máxima Fase Estável do Lactato

**MCT 1** – Transportador Monocarboxilato 1

**MCT 4** – Transportador Monocarboxilato 4

**NA** – Não atletas

**NADH** – Dinucleotídeo de nicotinamida e adenina forma reduzida

**PaCO<sub>2</sub>** – Pressão de dióxido de carbono arterial

**PCR** – Ponto de Compensação Respiratória

**PCr** – Fosfocreatina

**vPCR<sub>tcpe</sub>** – Velocidade correspondente ao PCR no TCPE

**vPCR<sub>sessão</sub>** – Valores relacionados à sessão de exercício no PCR

**PET<sub>O<sub>2</sub></sub>** – Pressão parcial de oxigênio no final da expiração

**PET<sub>CO<sub>2</sub></sub>** – Pressão parcial de dióxido de carbono no final da expiração

**PSE** – Percepção Subjetiva de Esforço

**PGC1- $\alpha$**  – Coativador 1 alfa do receptor ativado por proliferador de peroxissoma

**RTR** – Razão de troca respiratória

**STEADY STATE** – Estado estável

**TCPE** – Teste cardiopulmonar de exercício

**UFES** – Universidade Federal do Espírito Santo

**VE** – Ventilação por minuto

**VC** – Volume corrente pulmonar

**VCO<sub>2</sub>** – Volume de dióxido de carbono

**VO<sub>2LAV</sub>** – Consumo de oxigênio referente ao limiar anaeróbio ventilatório

**VO<sub>2</sub>** – Consumo de oxigênio

**V<sub>máx</sub>** – Velocidade máxima atingida no TCPE

**VO<sub>2máx</sub>** – Consumo máximo de oxigênio

**VO<sub>2pico</sub>** – Consumo de oxigênio de pico

**VCO<sub>2</sub>** – Produção de dióxido de carbono

**VE/VCO<sub>2</sub>** – Equivalente ventilatório de dióxido de carbono

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	14
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	14
3.1 Descrição bioquímica do exercício agudo em condições de estado estável.....	14
3.2 Importância do estado estável ( <i>steady state</i> ) no desempenho físico.....	16
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	18
4.1 Desenho da pesquisa.....	18
4.2 Amostra.....	18
4.2.1 Procedimentos .....	19
4.2.2 Avaliação antropométrica.....	19
4.2.3 Teste cardiopulmonar de exercício - TCPE.....	20
4.2.4 Identificação dos Limiares Ventilatórios,.....	21
4.3 Sessão de exercício no LAV e no PCR.....	21
4.4 Análise dos dados e Procedimentos Estatísticos.....	22
<b>5 RESULTADOS</b> .....	22
5.1 Sessão no limiar anaeróbio ventilatório (LAV): Comportamento das variáveis ventilatórias e metabólicas.....	25
5.2 Sessão no ponto de compensação respiratória (PCR): Comportamento das variáveis ventilatórias e metabólicas.....	32
5.2.1 Atletas Elite.....	32
5.2.2 Não Atletas.....	37
<b>6 DISCUSSÃO</b> .....	43
6.1 Sessão LAV.....	43
6.2 Sessão PCR.....	46
6.3 Limitações.....	47
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	48
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	48

## 1. INTRODUÇÃO

A prescrição mais comum do treinamento da corrida de rua é o exercício aeróbio contínuo (SEILER et al., 2006). Esse exercício permite atingir o estado estável (*steady state*), fenômeno caracterizado por ajustes intrínsecos do organismo com o objetivo de manter o equilíbrio na utilização de substratos energéticos durante o esforço. A contribuição do metabolismo predominantemente aeróbio para ressíntese de ATP durante o exercício físico de intensidade constante e longa duração pode ser caracterizada pela concentração de lactato e da formação de NADH, com equilíbrio entre sua produção e remoção no músculo esquelético (ASCENÇÃO et al., 2001; LOURENÇO et al., 2007; PIRES et al., 2011).

O teste cardiopulmonar de exercício (TCPE) é considerado o método padrão-ouro para identificar e determinar os limiares ventilatórios e o consumo máximo de  $O_2$  ( $VO_{2\text{máx}}$ ) de forma não invasiva, através das análises de trocas gasosas (BALADY et al., 2010). Os limiares ventilatórios podem ser determinados a partir da relação VE/tempo ou carga, por parâmetros de troca gasosa ( $VE/VO_2$ ,  $VE/VCO_2$ ) e através da pressão do  $O_2$  e  $CO_2$  no ar expirado (AZEVEDO et al., 2009; BALADY et al., 2010).

Existem diferentes nomenclaturas e metodologias utilizadas para determinação e identificação dos limiares que podem causar confusão para um mesmo evento metabólico, tais como: limiar 1 (L1) e limiar 2 (L2); limiar ventilatório 1 (LV1) e limiar ventilatório 2 (LV2); limiar anaeróbio ventilatório (LAV), ponto de compensação respiratória (PCR); limiar de lactato (LL), limiar anaeróbio (LA) e limiar glicêmico e limiar aeróbio.

Afim de padronizar as definições de limiares, serão utilizados os conceitos dos limiares ventilatórios LAV e PCR. A identificação do LAV pode ser feita a partir do aumento não linear na ventilação pulmonar, pelo aumento no equivalente ventilatório de  $O_2$  ( $VE/VO_2$ ), sem aumento do ( $VE/VCO_2$ ), pelo método computadorizado a partir do V-Slope, que indica o ponto de interseção com perda de linearidade do  $VCO_2/VO_2$ . Na identificação do PCR, é considerado o momento do ponto mais baixo do  $VE/VCO_2$  com posterior elevação exponencial que reflete o ajuste da ventilação a partir do aumento dos íons  $H^+$  a nível arterial. Utiliza-se também o momento da queda gradual da  $PetCO_2$ , que demarca o limite tampão lactato/bicarbonato (BE-AVER, WASSERMAN et al., 1986; RODRIGUES et al., 2015). Esses ajustes, considerados momentos de desequilíbrio metabólico e ventilatório, são uma tentativa do organismo em manter a homeostase nos processos fisiológicos (CAIOZZO et al., 1982, RIBEIRO et al., 1985,

WASSERMAN et al., 2005; AZEVEDO et al., 2009). O exercício físico regular permite adaptações morfofuncionais, quando realizados em estado estável, a partir de intensidades caracterizadas como baixa, moderada e intensa, que podem ser identificadas de acordo com a mensuração do LAV e do PCR (LOURENÇO et al., 2007, PIRES et al., 2011). De acordo com BENEKE et al. (2003) e BARON et al. (2008), o comportamento do lactato sanguíneo ([Lac]) durante o exercício de intensidade constante na máxima fase estável do lactato (MFEL) reflete a mais alta intensidade de esforço no qual as concentrações de lactato permanecem estáveis. A MFEL e o PCR ocorrem em intensidades similares (LETI et al., 2012) e o treinamento realizado na MFEL demonstra-se importante para corredores de rua, visto que este permite um aumento no tempo de exaustão e na performance em até 50% (BILLAT et al., 2004).

O estado estável na formação e utilização do lactato durante o exercício com intensidade constante relativa ao LAV foi previamente relatado na literatura (HILL et al., 1923; RIBEIRO et al., 1985; TANAKA, 1991; ASCENÇÃO et al., 2001; BENEKE et al., 2003). Entretanto, além desses achados, quando avaliada a cinética do consumo de O<sub>2</sub>, observa-se que é possível atingir o estado estável em intensidade abaixo do LAV, fenômeno comumente relatado em livros texto de Fisiologia do Exercício (McARDLE et al., 2011; POWERS et al., 2014). Contudo, quando o exercício aeróbico contínuo é realizado acima da intensidade do LAV, a ocorrência do estado estável pode ser atrasada ou impedida devido à incidência do componente lento do O<sub>2</sub> (XU et al., 1999; GASTIN, 2001).

A partir desses pressupostos, ainda não está claro na literatura quais variáveis ventilatórias podem definir o estado estável (*steady state*) em exercícios com cargas constantes e intensidades referentes ao LAV e ao PCR. Além disso, o objetivo secundário do presente estudo é verificar se o nível de treinamento influencia na concordância com os valores obtidos no TCPE. Hipotetiza-se a ocorrência do estado estável nas intensidades do LAV e do PCR nos indivíduos com alto nível de desempenho cardiopulmonar, visto que um melhor condicionamento físico está relacionado com maior adaptação mecânica, metabólica e enzimática (GASTIN, 2001), que possibilita maior eficiência durante o exercício. Nesse sentido, a caracterização desses parâmetros pode permitir uma nova interpretação do estado estável a partir de diferentes variáveis ventilatórias e também contribuir para uma prescrição direcionada do exercício aeróbico contínuo de maneira não invasiva e de fácil identificação quando comparada à MFEL em indivíduos com diferentes níveis de treinamento e aptidão física.

## 2. OBJETIVOS

Os objetivos são:

- a) Descrever o comportamento de diferentes variáveis cardiopulmonares em sessões de exercício com velocidades constantes de corrida, correspondentes às intensidades do LAV e PCR encontradas em um TCPE, identificando o estado estável, em grupos de corredores de diferentes níveis de aptidão aeróbia.
- b) Comparar os valores registrados no TCPE desses corredores com os valores das sessões na velocidade atingida no LAV ( $v_{LAV_{sessão}}$ ) e na velocidade atingida no PCR ( $v_{PCR_{sessão}}$ ).

## 3. REVISÃO DE LITERATURA

### 3.1 Descrição bioquímica das respostas agudas ao exercício físico em condições de estado estável (*steady state*).

Bioenergética é o fluxo de energia dentro de um organismo vivo e sua capacidade de extrair energia dos macronutrientes alimentares e transferir essa energia aos elementos contráteis musculares, produzindo movimento/trabalho. A capacidade de realizar trabalho é controlada pela Primeira Lei da Termodinâmica (princípio da conservação da energia) onde o corpo não produz, não consome, nem utiliza energia; pelo contrário, a energia será transformada de um estado para outro à medida que o sistema fisiológico sofrer uma transformação contínua. A energia derivada dos macronutrientes é a energia potencial e a transferência dessa energia pelos processos bioquímicos é a energia cinética. O processo energético leva à biossíntese de compostos biológicos e esses processos podem acontecer por reações endergônicas (conservação) e exergônicas (liberação) no nosso organismo. Os processos biológicos que acontecem no nosso organismo estão relacionados com a Segunda Lei da Termodinâmica (Entropia), que é a tendência da energia potencial degradar-se para energia cinética do movimento com uma menor capacidade de realizar trabalho (McARDLE et al., 2007).

No exercício físico, quando a demanda energética torna-se maior quanto possa ser liberada pelo metabolismo oxidativo, há maior contribuição anaeróbia de energia a partir de fosfatos de alta energia como a fosfocreatina (PCr) nos músculos exercitados e um aumento no lactato sanguíneo pela via da glicólise. Enquanto a quantidade de ATP no músculo trabalhado

permanece inalterada, a quantidade de energia produzida pelo metabolismo anaeróbio é proporcional à soma da quantidade de fosfocreatina que pode ser hidrolisada e a quantidade máxima de lactato que pode ser acumulado no sangue (DI PRAMPERO et al., 2003). O desequilíbrio na taxa de formação de piruvato e sua utilização no ciclo de Krebs, bem como um desequilíbrio na taxa de oxidação de NADH, são indicadores de um aumento da produção de lactato (OHIRA et al., 1992) Na década de 1970, David Costill realizou uma pesquisa avaliando os efeitos de sessões de exercícios contínuos com diferentes distâncias e intensidades em atletas de corrida de rua de longa distância no comportamento do lactato sanguíneo, volume de oxigênio, ventilação pulmonar, razão de troca respiratória e frequência cardíaca. Intensidades de esforço contínuo variando entre 55 e 67% do  $VO_{2max}$  demonstraram pouco ou nenhum aumento do lactato, indicando o metabolismo predominante aeróbio. Ainda, verificou que atletas com  $VO_{2max}$  acima de  $70 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , suportaram até 25 minutos de exercício a 90% da capacidade máxima, com aumento moderado no lactato sanguíneo. (COSTILL et al., 1970).

A máxima fase estável do lactato (MFEL) pode ser identificada em intensidades variando de 60 a 90% do  $VO_{2max}$ , dependendo do nível de condicionamento prévio do indivíduo. Essa intensidade indica bioquimicamente a mais alta taxa de esforço que pode ser sustentada sem que haja um acúmulo de lactato, ou seja, quando há um equilíbrio na produção e remoção do lactato. Com isso, nessa intensidade a ressíntese do ATP permanece efetiva pela glicólise. Entretanto, maratonistas experientes que treinam em intensidades da MFEL, conseguem aumentar em 20 min o tempo de exaustão e o principal substrato utilizado é o glicogênio (BILLAT et al., 2004; AZEVEDO et al., 2009).

O comportamento da resposta do  $VO_2$  durante o exercício é dependente da intensidade. Essas intensidades são classificadas por três domínios fisiológicos, o domínio moderado, onde a intensidade do esforço é realizada abaixo do limiar anaeróbio ventilatório (LAV), sendo o limiar de lactato o ponto limite desse domínio, no qual seu aumento não é significativo. O segundo domínio é o pesado, que reflete uma intensidade acima do LAV, que ocorre entre o limiar de lactato e a MFEL (máxima fase estável do lactato). O terceiro domínio é o severo, que reflete a intensidade de esforço acima da MFEL indicando um acúmulo desse metabólito. Nem o lactato, nem o  $VO_2$  se estabilizam nessa intensidade. (BILLAT et al., 2000; XU et al., 1999)

TANAKA (1991) avaliou 15 corredores não atletas por 1 hora de corrida na esteira na intensidade do limiar de lactato. O  $VO_2$  foi mensurado continuamente e durante o exercício variou de 63 a 69% do  $VO_{2max}$ , sendo que a média da intensidade no limiar de lactato foi de

65%, caracterizando estado estável. Foi observado queda nas [Lac] sanguíneo a partir dos 20 min com consequente redução da RTR, demonstrando uma mudança no substrato energético utilizado para gerar ATP, aumentando a oxidação de gordura e do lactato. O exercício feito na intensidade do limiar de lactato é realizado de forma predominante aeróbia e pode ser utilizada como estratégia para maximizar os benefícios relacionados à saúde (TANAKA, 1991).

### 3.2 Importância do *steady state* no desempenho físico

A prescrição mais comum da corrida de rua é a realização de exercício aeróbio contínuo, que permite atingir o estado estável (*steady state*). Pesquisadores na década de 20 postulavam a existência do estado estável a partir das concentrações de lactato e da oferta adequada de oxigênio em exercício moderado e, essa condição seria mantida durante uma corrida com velocidade constante. Testes utilizando a coleta de gases expirados a partir de uma bolsa de Douglas portátil foram conduzidos com um indivíduo experiente em corrida em velocidades de 10,86 km.h<sup>-1</sup>, 12,18 km.h<sup>-1</sup> e 16,02 km.h<sup>-1</sup>, apresentando valores de equilíbrio a partir de dois minutos e trinta segundos, entretanto, na velocidade de 16 km.h<sup>-1</sup>, não houve equilíbrio devido ao acúmulo de lactato, o que não permitiu o estado estável do O<sub>2</sub> (HILL et al., 1923). Corroborando com as informações de equilíbrio na produção e remoção do lactato, outros autores indicam que na intensidade moderada de esforço o predomínio do metabolismo energético para suprir o ATP deriva-se principalmente do sistema oxidativo (ASCENÇÃO et al., 2001; LOURENÇO et al., 2007; PIRES et al., 2011).

Os primeiros autores que descreveram o estado estável por concentrações de lactato e consumo de oxigênio em indivíduos ativos foram os pesquisadores Hill e Lupton (HILL et al., 1923) e alguns anos após, os pesquisadores Caldwell e Zauner, avaliaram o VO<sub>2</sub> em exercício contínuo com duração de 32,3 min e velocidade fixa de 14,6 km/h em 4 atletas experientes em corrida. Os autores observaram uma variação de 0,5 mL.kg<sup>-1</sup>min<sup>-1</sup> no VO<sub>2</sub>, no qual caracterizaram como *steady state* (CALDWELL et al., 1978).

Respostas similares em estado estável utilizando bicicleta ergométrica foram encontrados em estudo posterior que avaliaram respostas metabólicas e ventilatórias de 4 intensidades diferentes em 8 indivíduos saudáveis. O equivalente ventilatório de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> (VE/VO<sub>2</sub>-VE/VCO<sub>2</sub>) e o lactato sanguíneo demonstraram valores em *steady state* nos últimos 20 min nas intensidades dos limiares 1, entre o limiar 1 e 2 e no limiar 2, enquanto que na intensidade entre o limiar 2 e



o  $VO_{2max}$ . houve um aumento progressivo até atingir a fadiga voluntária com uma duração média de 16 min, entretanto, a potência foi ajustada durante os testes, a fim de manter o *steady state* nas variáveis metabólicas e ventilatórias (RIBEIRO et al., 1985) e essa manipulação pode não refletir um real estado estável.

Sessões prolongadas de exercício aeróbio contínuo de intensidade moderada (>1h a 65% do  $VO_{2max}$ ) realizadas repetidamente por pelo menos algumas semanas aumentam a capacidade oxidativa muscular e alteram a utilização do substrato energético durante o trabalho muscular, resultando na melhora da capacidade aeróbia (BURGOMASTER et al., 2008; GARBER et al., 2011).

Entretanto, alguns indivíduos possuem capacidade limitada em aumentar sua aptidão cardiorrespiratória (treinabilidade) em resposta ao exercício aeróbio contínuo (BACON et al., 2013). Esses achados são de um estudo de Bouchard et al., onde 483 indivíduos brancos de 99 famílias caucasianas, porém sedentários, foram submetidos ao treinamento aeróbio contínuo em esteira três vezes por semana durante 20 semanas. No início treinaram 30 min numa intensidade relativa a 55% da frequência cardíaca do  $VO_{2max}$  inicial. A cada duas semanas, a duração e intensidade foram aumentadas até cada indivíduo realizar 50 min a 75% da frequência cardíaca máxima. O  $VO_{2max}$  teve um aumento absoluto médio de  $\sim 0,4 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  com desvio padrão  $> 0,2 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ . Ainda, 7% dos sujeitos demonstraram um ganho de  $0,1 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  ou menos e 8% dos sujeitos melhoraram em  $0,7 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  ou mais. Baseado nessa distribuição de respostas do  $VO_{2max}$ , parece que a treinabilidade de alguns indivíduos é baixa ou não existe, refletindo em pouca ou nenhuma melhora na aptidão cardiorrespiratória (BOUCHARD et al., 2011). Entretanto, essas respostas podem ter sido influenciadas por uma possível falha na prescrição da intensidade do exercício físico, visto que estudos demonstraram que para uma efetiva melhora no  $VO_{2max}$ , intensidades correspondentes aos limiares são necessárias para que ocorra essa adaptação (SEILER et al., 2006)

A partir desse pressuposto e, levando em consideração o alto rendimento esportivo para atletas, torna-se necessário o controle do volume e da intensidade do treinamento para que os benefícios advindos dessa prática como a melhora do  $VO_{2max}$ , melhora do efeito poupador de glicogênio (*sparing effect*) que permite maior oxidação de lipídios e menor utilização de glicose e glicogênio para gerar ATP, bem como maior capacidade de utilização do lactato como fonte energética. Essa adaptação é explicada por uma maior fosforilação dos transportadores monocarboxilatos (MCTs 1 e 4), que são expressos no músculo esquelético e são responsáveis por

facilitar o fluxo do lactato e do gradiente de prótons na célula muscular (THOMAS et al., 2012). Além disso, adaptações específicas do treinamento aeróbio em *steady state* permitem um aumento na capilarização e um aumento no tamanho e número de mitocôndrias. Um aumento das fibras do tipo I e tipo IIa, permite uma melhora na capacidade de oxidação dos carboidratos e dos ácidos graxos. Esse aumento na densidade mitocondrial está relacionado ao aumento da atividade enzimática, especialmente enzimas atuantes no ciclo de Krebs e na beta oxidação (RIVERA-BROWN e FRONTERA, 2012), adaptações que são importantes para uma melhora no rendimento esportivo.

Dados de um estudo que quantificou uma ótima distribuição do volume e intensidade do exercício em atletas de *ski cross country* demonstram que, aproximadamente, em 75% da periodização do treinamento o exercício era realizado em intensidades abaixo do limiar anaeróbio ventilatório, em 5 a 10% nas intensidades entre o limiar anaeróbio ventilatório e o ponto de compensação respiratória e, em 15 a 20% acima do ponto de compensação respiratória (SEILER et al., 2006). Sessões de exercício intervalado de alta intensidade são importantes para o aumento no  $VO_{2max}$ , entretanto, com a distribuição das sessões de treinamento no modelo 75%-5%-20%, torna-se clara a importância do exercício físico realizado em intensidades contínuas tanto para o aprimoramento do desempenho físico quanto para a saúde.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Desenho de pesquisa

Trata-se de um estudo transversal descritivo quase experimental (ARAGÃO, 2011). Os procedimentos foram realizados de acordo com a resolução do CNS nº466 de 12 de dezembro 2012 e, aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal do Espírito Santo, sob Parecer n. 261.897, de 2-5-2013. Todos os indivíduos foram informados e familiarizados com os procedimentos experimentais, assim como os riscos e benefícios, assinando um termo de consentimento livre e esclarecido.

### 4.2 Amostra

Os indivíduos foram selecionados por conveniência, de forma intencional, considerando o cálculo amostral de acordo com as modificações esperadas no consumo máximo de oxigênio, sendo ( $\alpha = 1,96$  e  $z\beta = 0,84$ ) com a utilização da fórmula de JEKEL et al., (1998).

Participaram do estudo 18 corredores de rua sendo 9 atletas de elite (AE) que foram classificados entre 1º a 5º lugares nas provas de corrida do Estado do Espírito Santo no ano de 2013, e 9 indivíduos não atletas (NA) corredores de rua. Os critérios de exclusão foram: corredores de rua que apresentassem doenças cardiometabólicas ou osteomioarticulares que os impedissem de realizar as sessões de exercício.

#### 4.2.1 Procedimentos

Os voluntários visitaram o laboratório em três momentos separados por um intervalo mínimo de 48h em um período de 10 dias. Na primeira visita, foram realizadas medidas antropométricas e teste progressivo máximo para determinação dos limiares ventilatórios (LAV e PCR) e do  $VO_{2max}$ . Na segunda visita, foi realizado o exercício na velocidade correspondente ao LAV (vLAV) e na terceira visita, na velocidade correspondente ao PCR (vPCR). Os indivíduos foram orientados a evitar exercício físico extenuante 24 horas antes dos testes e das sessões, bem como não ingerir bebidas com cafeína e a manterem os mesmos hábitos alimentares. As sessões foram realizadas em ambiente de laboratório com temperatura controlada entre 22 e 25°C no mesmo período vespertino, com pelo menos 2 horas após a última refeição.

#### 4.2.2 Avaliação antropométrica

O peso corporal e a estatura foram medidas por meio de balança antropométrica digital com estadiômetro de precisão de um milímetro (Marte Científica, L200, São Paulo) e com capacidade máxima de 201kg e sensibilidade de 50 gramas. Sendo possível calcular o Índice de Massa Corporal (IMC). As medidas antropométricas foram realizadas por uma mesma avaliadora experiente que utilizou um plicômetro científico com sensibilidade 0,1mm e amplitude de leitura de 85mm (Mitutoyo/Cescorf, RS), incluindo 7 dobras cutâneas (tricipital, subescapular, peitoral, axilar média, supra-ilíaca, abdominal e coxa), além da utilização de uma trena antropométrica para perimetria com 2 m de aço flexível com resolução em *mm* (Cescorf, RS).

Características dos 18 corredores estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características antropométricas dos atletas e não atletas, corredores de rua.

<b>Características</b>	<b>NA (9)</b>	<b>AE (9)</b>	<b>Valor p</b>
Peso (kg)	82,1±9,9	61,8±4,5*	<0,001
Estatura (m)	1,8 ±0,1	1,7±0,05	0,311
Idade (anos)	32 ±10	31±5,7	0,574
IMC (kg.m <sup>2</sup> )	26,8 ±2,2	21±1,1*	<0,001
∑ Dobras Cutâneas	134,8±57	40,3±10,5*	<0,001

Valores apresentados como média±DP. AE – atletas de elite; NA – não atletas. \*p≤ 0,05. Dobras cutâneas avaliadas: tricipital, subescapular, axilar média, peitoral, supra-íliaca, abdominal e coxa. Teste t de *Student* para amostras independentes.

Fonte: do próprio autor

#### 4.2.3 Teste Cardiopulmonar de Exercício (TCPE)

Após a anamnese os indivíduos permaneciam por pelo menos cinco minutos em decúbito dorsal sobre uma maca, onde era realizado um eletrocardiograma de repouso de 12 derivações (Eletrocardiógrafo USB MICROMED). O registro eletrocardiográfico durante o pré-esforço, em pé na esteira, e em esforço foram realizados utilizando-se as derivações: MC5, derivação ântero-lateral, bipolar, com eletrodo negativo na parte superior do esterno (manúbrio) e o positivo na posição V5; D2M, derivação inferior, bipolar, com eletrodo negativo na parte superior do esterno e o positivo na crista ilíaca superior esquerda; e V2M, derivação ântero-septal, unipolar, com eletrodo precordial na posição V2.

O teste foi realizado em esteira rolante motorizada (Inbra Sport Super ATL, Porto Alegre, Brasil) mantida com inclinação de 1% seguindo protocolo de rampa individualizado, objetivando uma duração total entre 10 e 12 minutos de teste. A velocidade era incrementada gradativamente até que o indivíduo atingisse a exaustão. Para o grupo AE, iniciava-se o teste a uma velocidade de 8 km.h<sup>-1</sup> com um incremento de velocidade a cada minuto de 0,7 a 1 km.h<sup>-1</sup>. Para o grupo NA o teste iniciava-se a uma velocidade de 5 km.h<sup>-1</sup> com o incremento na velocidade de 0,7 a 1 km.h<sup>-1</sup>.

As variáveis ventilatórias foram mensuradas utilizando o analisador metabólico de gases *Cortex Metalyzer 3b* (Alemanha), com coleta respiração a respiração, sendo analisados pelo programa Metasoft<sup>TM</sup>. A unidade do *Cortex* foi calibrada pelo método de circuito fechado, através de gás de calibração conhecido (cilindro de 11,97% O<sub>2</sub> e 4,95% CO<sub>2</sub> original, atestado pelo fabricante), o que permitiu uma nova calibragem antes de cada novo teste. O sensor de volume

foi calibrado utilizando uma seringa de calibração 3L (*Hans Rudolph*). Foram utilizadas máscaras coletoras de tamanhos variados p, m ou g, de acordo com as dimensões faciais de cada sujeito. Após higienização devida, a máscara foi adaptada na face do sujeito de maneira a permitir que não houvesse escape de ar, verificado ao menos duas vezes antes de inserir a linha de ar. O teste foi acompanhado por um médico cardiologista e houve incentivo verbal para os corredores na fase final do TCPE objetivando atingirem o máximo de esforço. Os critérios para identificar o teste como máximo foram a aceitação de pelo menos três dos seguintes critérios: a) exaustão voluntária; b) frequência cardíaca no teste atingir pelo menos 90% da prevista para a idade ( $220 - \text{idade}$ ); c) razão de troca respiratória (RTR) igual ou acima de 1,05; d) consumo máximo de oxigênio, observado pelo conceito de platô ou pico (HOWLEY, 1995; BILLAT et al, 2004).

#### 4.2.4 Identificação dos Limiares Ventilatórios

Para identificação dos limiares ventilatórios foram utilizados os critérios visuais e valores calculados pelo software Metasoft™. Três avaliadores, experientes, analisaram de maneira independente e, foram considerados os pontos de concordância de pelo menos dois.

O LAV foi identificado no momento do ponto mais baixo seguido de um aumento exponencial no equivalente ventilatório de oxigênio ( $VE/VO_2$ ), sem aumento do equivalente ventilatório de dióxido de carbono ( $VE/VCO_2$ ). Também foi utilizado o método computadorizado a partir do V-Slope, que indica o ponto de interseção com perda de linearidade do  $VCO_2/VO_2$ , considerou-se também como critério de identificação o aumento abrupto na VE e na  $PetO_2$ .

Para identificação do PCR, foi considerado o momento do ponto mais baixo do  $VE/VCO_2$  com posterior elevação além do momento da queda gradual da  $PetCO_2$  (BEAVER, WASSERMAN et al, 1986).

#### 4.3 Sessões de exercício no LAV e no PCR

Para a sessão de exercício de corrida na velocidade relativa ao LAV, foram realizados os seguintes procedimentos: pesagem do indivíduo sem camisa com tênis; configuração do sistema Metasoft™ para reconhecer a cinta sensor de frequência cardíaca POLAR® T31-CODED; aquecimento de 5 min. com intensidade de 20% abaixo da velocidade do LAV ( $vLAV$ ) atingida no teste cardiopulmonar e alongamentos livres de 5 min; colocação da máscara e da cinta sensor de frequência cardíaca POLAR® T31-CODED; dois minutos parado em posição ortostática; acionamento manual da esteira na velocidade atingida no LAV com duração máxima de 1 hora; registro da PSE a cada 5 min; e por fim, pesagem do indivíduo após a sessão.

#### 4.4 Análise dos dados e procedimentos estatísticos

Primeiro, o teste de *Kolmogorov-Smirnov* foi utilizado para testar a normalidade dos dados. Para os dados das sessões de exercício no  $vLAV_{\text{sessão}}$  e  $vPCR_{\text{sessão}}$ , foram avaliados em médias numa escala de 2 min em 2 min para valores no LAV e médias de 30 em 30 segundos para os valores no PCR, objetivando facilitar a visualização gráfica do comportamento.

Logo após, os dados foram submetidos à análise descritiva (média  $\pm$  desvio padrão). O software SigmaStat 3.5© (Systat Software, Germany, 2006) foi utilizado para as análises estatísticas e, o nível de significância foi estabelecido em  $p \leq 0,05$ . Para comparação das médias do TCPE entre grupos, foi utilizado o *teste t de Student* ou o teste não paramétrico de *Mann-Whitney* na comparação das médias das sessões do LAV e PCR com TCPE. Avaliou-se o tamanho de efeito utilizando *g de Hedges* a partir de escala arbitrária proposta de 0,2; 0,5; 0,8 e 1,3 classificadas como efeito pequeno, moderado, grande e muito grande, respectivamente, com o propósito de avaliar a magnitude das diferenças. A equação para este cálculo foi:  $M1-M2/DP_{\text{combinado}} (1 - \frac{3}{4}(N1+N2) - 9)$  onde: M1= média do grupo AE; M2= média grupo NA;  $DP_{\text{combinado}}$  = média de desvio padrão dos grupos; N1= número de indivíduos do grupo 1 e N2= número de indivíduos do grupo 2 (LAKENS, 2013). Para considerar estado estável das variáveis ventilatórias vs tempo das sessões de treino no LAV foram utilizados dois critérios: 1- Análise de variância (ANOVA) de uma via com teste *post hoc* de *Tukey* para comparações múltiplas. 2- Variações de 5% ( $\Delta 5\%$ ) para  $VO_2$ , FC, FR e VC; 6% ( $\Delta 6\%$ ) para  $VCO_2$ ; 5,5% ( $\Delta 5,5\%$ ) para VE e 3% ( $\Delta 3\%$ ) para RTR (BALADY *et al.*, 2010). Para as sessões de treino no PCR, foi utilizado ANOVA de uma via vs tempo das sessões ou o teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis*.

## 5 RESULTADOS

Nas Tabelas 2, 3 e 4, são apresentados os valores absolutos e relativos de variáveis metabólicas, ventilatórias e de desempenho (tempo e velocidade) durante o TCPE.

As velocidades atingidas no LAV (Tabela 2) (NA =  $9,0 \pm 1,3$  km.h<sup>-1</sup> e AE =  $16,0 \pm 1,7$  km.h<sup>-1</sup>  $p < 0,001$ ,  $g = 4,41$ ), no PCR (Tabela 3) (NA =  $13,0 \pm 1,8$  km.h<sup>-1</sup> e AE =  $19,0 \pm 1,3$  km.h<sup>-1</sup>  $p < 0,001$ ,  $g = 3,64$ ) e máximas (Tabela 4) (NA =  $16,0 \pm 1,1$  km.h<sup>-1</sup> e AE =  $22,0 \pm 0,9$  km.h<sup>-1</sup>  $p < 0,001$ ,  $g = 5,69$ ), foram 41%, 33% e 27% maior para o grupo AE, respectivamente, e apresentaram diferenças estatísticas entre os grupos.

As variáveis ventilatórias avaliadas,  $VCO_{2LAV}$ ,  $VE_{LAV}$ ,  $FR_{LAV}$ ,  $RTR_{LAV}$  e  $VO_{2LAV}$  foram estatisticamente diferentes entre grupos ( $p \leq 0,05$ ) com valores de 33%, 33%, 26%, 11% e 45% maiores para o AE respectivamente, enquanto que na intensidade do PCR as variáveis  $VCO_{2PCR}$ ,  $VE_{PCR}$ ,  $FR_{PCR}$ ,  $VO_{2PCR}$  apresentaram valores maiores para o AE de 20%, 22%, 24% e 37%, respectivamente. As variáveis,  $RTR_{PCR}$  e  $RTR_{max}$  não diferiram entre os grupos ( $p > 0,05$ ).

Tabela 2 – Variáveis ventilatórias, metabólicas e de velocidade do TCPE referentes ao  $vLAV_{tcpe}$

Variáveis LAV	NA (9)	AE (9)	p-valor	ES(g)
Veloc. <sub>LAV</sub> (km.h <sup>-1</sup> )	9,0±1,3	16,0±1,7*	<0,001	4,41
VC <sub>LAV</sub> (L.)	1,7±0,3	1,9±0,3	0,164	0,63
VCO <sub>2LAV</sub> (L.min <sup>-1</sup> )	1,8±0,5	2,7±0,2*	<0,001	2,25
VE <sub>LAV</sub> (L.min <sup>-1</sup> )	52,6±14,7	78,8±7,7*	<0,001	4,48
FR <sub>LAV</sub> (ir.min <sup>-1</sup> )	31,6±7,8	42,9±7,3*	0,006	1,42
RTR <sub>LAV</sub>	0,79±0,08	0,89±0,01*	0,005	1,34
VO <sub>2LAV</sub> (mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	27,3±4,9	49,3±4,8*	<0,001	4,32
FC <sub>LAV</sub> (bpm.min <sup>-1</sup> )	141,0±15	151,0±8,5	0,109	0,78

Valores de média ±DP (NA – não atleta; AE- atleta de elite; \* $p \leq 0,05$ ; ES(g)- tamanho de efeito – *g de Hedges*). Legendas: Veloc. LAV – velocidade correspondente ao LAV; VC – volume corrente; VCO<sub>2</sub> – volume de dióxido de carbono; VE – ventilação pulmonar por minuto; FR – frequência respiratória; RTR – razão de troca respiratória; VO<sub>2</sub> – consumo de oxigênio; FC – frequência cardíaca.

Fonte: do próprio autor

Tabela 3 – Variáveis ventilatórias, metabólicas e de velocidade do TCPE referentes ao  $vPCR_{tcpe}$

Variáveis PCR	NA (9)	AE (9)	p-valor	ES(g)
Veloc. <sub>PCR</sub> (km.h <sup>-1</sup> )	13,0±1,8	19,0±1,3*	<0,001	3,64
VC <sub>PCR</sub> (L.)	2,1±0,2	2,1±0,4	0,815	0,00
VCO <sub>2PCR</sub> (L.min <sup>-1</sup> )	3,0±0,6	3,8±0,3*	0,005	1,61
VE <sub>PCR</sub> (L.min <sup>-1</sup> )	87,9±21,2	113,3±20,7*	0,020	1,15
FR <sub>PCR</sub> (ir.min <sup>-1</sup> )	41,9±9,2	54,8±15,1*	0,043	0,98
RTR <sub>PCR</sub>	0,93±0,1	0,98±0,04	0,072	1,25
VO <sub>2PCR</sub> (mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	39,6±3,8	62,7±5,2*	<0,001	4,83
FC <sub>PCR</sub> (bpm.min <sup>-1</sup> )	171,0 ±11,3	171,0±8,7	0,945	0,00

Valores de média  $\pm$ DP (NA – não atleta; AE- atleta de elite; \*  $p \leq 0,05$ ; ES(g)- tamanho de efeito – *g de Hedges*). Legendas: Veloc. LAV – velocidade correspondente ao LAV; VC – volume corrente; VCO<sub>2</sub> – volume de dióxido de carbono; VE – ventilação pulmonar por minuto; FR – frequência respiratória; RTR – razão de troca respiratória; VO<sub>2</sub> – consumo de oxigênio; FC - frequência cardíaca.

Fonte: do próprio autor

Tabela 4 – Variáveis ventilatórias, metabólicas e de velocidade do TCPE referentes ao esforço máximo

Variáveis Máximas	NA (9)	AE (9)	p-valor	ES(g)
V <sub>máx.</sub> (km.h <sup>-1</sup> )	16,0 $\pm$ 1,1	22,0 $\pm$ 0,9*	<0,001	5,69
Tempo <sub>máx.</sub> (min)	11,0 $\pm$ 1,1	12,0 $\pm$ 0,9	0,204	0,95
VC <sub>máx.</sub> (L.)	2,4 $\pm$ 0,1	2,3 $\pm$ 0,3	0,474	-0,43
VCO <sub>2máx.</sub> (L.min)	4,1 $\pm$ 0,5	4,6 $\pm$ 0,4*	0,013	1,05
VE <sub>máx.</sub> (L.min <sup>-1</sup> )	123,0 $\pm$ 17,9	148,0 $\pm$ 21,2*	0,016	1,21
FR <sub>máx.</sub> (ir.min <sup>-1</sup> )	52,5 $\pm$ 7,4	65,9 $\pm$ 10,9*	0,007	1,37
RTR <sub>máx.</sub>	1,1 $\pm$ 0,03	1,1 $\pm$ 0,01	0,103	0,00
VO <sub>2máx.</sub> (mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	47 $\pm$ 4,4	69 $\pm$ 3,2*	<0,001	5,45
VO <sub>2máx.</sub> (L.min <sup>-1</sup> )	3,8 $\pm$ 0,3	4,2 $\pm$ 0,4*	0,02	1,08
FC <sub>máx.</sub> (bpm.min <sup>-1</sup> )	188,0 $\pm$ 14,5	184,0 $\pm$ 14,8	0,528	-0,26

Valores de média  $\pm$ DP (NA – não atleta; AE- atleta de elite; \*  $p \leq 0,05$ ; ES(g)- tamanho de efeito – *g de Hedges*). Legendas: Veloc. LAV – velocidade correspondente ao LAV; VC – volume corrente; VCO<sub>2</sub> – volume de dióxido de carbono; VE – ventilação pulmonar por minuto; FR – frequência respiratória; RTR – razão de troca respiratória; VO<sub>2</sub> – consumo de oxigênio; FC - frequência cardíaca.

Fonte: do próprio autor

Tabela 5 – Valores percentuais (%) de FC e VO<sub>2</sub> nas intensidades do LAV, PCR, obtidos no TCPE em atletas de elite (AE) e não atletas (NA) corredores de rua.

Variáveis LAV	NA (9)	AE (9)	p-valor	ES(g)
%FC <sub>LAV</sub>	76,0 $\pm$ 5,4	85,5 $\pm$ 4,2*	<0,001	1,87
%VO <sub>2LAV</sub>	61,8 $\pm$ 8,9	72,7 $\pm$ 7,8*	<0,001	1,24
Variáveis PCR				
%FC <sub>PCR</sub>	91,4 $\pm$ 4,0	94,9 $\pm$ 2,4*	0,038	1,01
%VO <sub>2PCR</sub>	84,8 $\pm$ 7,5	90,4 $\pm$ 5,6	0,093	0,80

Valores de média  $\pm$ DP (NA – não atleta; AE- atleta de elite; \*  $p \leq 0,05$ ; ES(g) - tamanho de efeito – *g de Hedges*). Legenda: %FC – percentual de frequência cardíaca relativa ao máximo. %VO<sub>2</sub> - percentual de consumo de oxigênio relativo ao máximo.



Fonte: do próprio autor

O tempo máximo de TCPE não diferiu estatisticamente em atletas (AE) e não atletas (NA), porém apresentando grande tamanho de efeito, sendo de  $12 \pm 0,9$  e  $11 \pm 1,1$  min ( $p = 0,204$ ,  $g = 0,95$ ), respectivamente. Valores percentuais diferiram para %FC<sub>LAV</sub> (Dif. de 9,5%  $p < 0,001$ ;  $g = 1,87$  de NA e AE), %FC<sub>PCR</sub> (Dif. de 3,5%  $p < 0,038$ ;  $g = 1,01$ ) e %VO<sub>2LAV</sub> (Dif. de 11%  $p < 0,001$ ;  $g = 1,24$ ) e %VO<sub>2PCR</sub> Dif. de 5%  $p > 0,05$ ;  $g = 0,80$ ).

### 5.1 Sessões de exercício no LAV: comportamento das variáveis ventilatórias e metabólicas

Nas Tabelas 6 e 7 estão apresentados os valores médios avaliados no TCPE ( $vLAV_{tcpe}$ ) comparados com os valores médios durante a sessão de exercício na velocidade relativa ao LAV ( $vLAV_{sessão}$ ) de AE e NA respectivamente, assim como os tamanhos de efeitos, representados pela letra “g” para cada variável.

As variáveis VO<sub>2</sub>, FC, VCO<sub>2</sub>, VE e FR na  $vLAV_{sessão}$  apresentaram diferenças estatísticas ( $p < 0,05$ ) com tamanho de efeito grande e muito grande para o grupo AE, quando comparados à  $vLAV_{tcpe}$ . No grupo NA, as variáveis VO<sub>2</sub>, FC, VCO<sub>2</sub>, VE, FR e RTR na  $vLAV_{sessão}$  apresentaram diferenças estatísticas ( $p < 0,05$ ) com tamanho de efeito grande e muito grande, que são representados por valores  $\geq 0,8$  e 1,3 respectivamente.

Tabela 6 – Comparação dos valores das variáveis ventilatórias e metabólicas referentes ao  $vLAV_{tcpe}$  e da sessão de exercício referentes ao  $vLAV_{sessão}$  em Atletas de Elite (AE).

Variáveis AE	TCPE	Sessão LAV	Dif.	p- valor	ES(g)
VO <sub>2</sub> (mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	49±5	53±0,7*	4	0,008	1,067
FC (bpm.min <sup>-1</sup> )	151±8,5	157±2,2*	6	0,012	0,892
VCO <sub>2</sub> (L.min <sup>-1</sup> )	2,7±0,2	2,9±0,03*	0,2	0,002	1,332
VE (L.min <sup>-1</sup> )	78,8±7,7	94,9±2,8*	16,1	<0,001	2,647
FR (ir.min <sup>-1</sup> )	42,9±7,3	53,4±1,8*	10,5	<0,001	1,881
VC (L.)	1,9±0,3	1,84±0,02	-0,06	0,229	-0,269
RTR	0,89±0,04	0,88±0,001	-0,01	0,536	-0,337

Valores de média  $\pm$ DP (TCPE - teste cardiopulmonar de exercício; AE- atleta de elite; Dif. – diferença nos valores da sessão LAV vs TCPE; \* $p \leq 0,05$ ; ES(g)- tamanho de efeito – *g de Hedges*).

Fonte: do próprio autor

Tabela 7 – Comparação dos valores das variáveis ventilatórias e metabólicas referentes ao  $vLAV_{tcpe}$  e da sessão de exercício referentes ao  $vLAV_{sessão}$  em não atletas (NA).

Variáveis NA	TCPE	Sessão LAV	Dif.	p- valor	ES(g)
$VO_2$ (mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	27±5	33±0,9*	6	<0,001	1,591
FC (bpm.min <sup>-1</sup> )	141±15	156±5,9*	15	0,001	1,253
$VCO_2$ (L.min <sup>-1</sup> )	1,8±0,5	2,3±0,04*	0,5	0,001	1,343
VE (L.min <sup>-1</sup> )	52,6±14,7	70,7±3*	18,1	<0,001	1,65
FR (ir.min <sup>-1</sup> )	31,6±7,8	41,8±2,6*	10,2	<0,001	1,671
VC (L.)	1,7±0,3	1,7±0,04	0	0,46	0,00
RTR	0,79±0,08	0,85±0,02*	0,06	0,046	0,980

Valores de média ±DP (TCPE- teste cardiopulmonar de exercício; NA- não atleta; Dif. – diferença nos valores da sessão LAV vs TCPE; \*  $p \leq 0,05$ ; ES(g)- tamanho de efeito – *g de Hedges*).

Fonte: do próprio autor

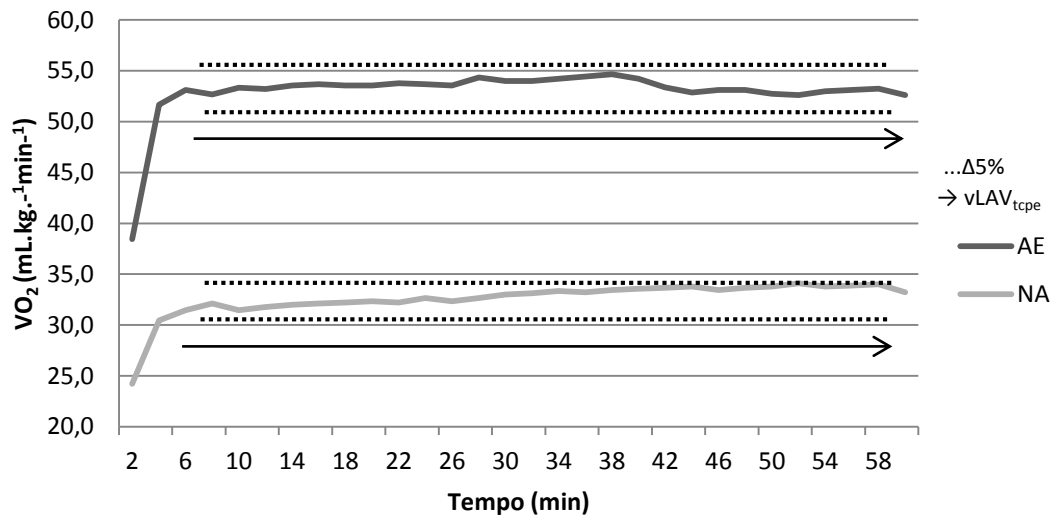
Os valores das variáveis avaliadas na  $vLAV_{sessão}$  foram registradas como médias de 2 minutos. Um corredor, no grupo AE, realizou 40 minutos de exercício, e foi o único a não completar a sessão de 1 hora. As médias das durações de cada sessão foram avaliadas a partir do 4º minuto para ambos os grupos (AE e NA) e tiveram duração de 1 hora.

As figuras, a seguir, apresentam o comportamento das médias das variáveis ventilatórias:  $VO_2$  (mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>), FC (bpm.min<sup>-1</sup>),  $VCO_2$  (L.min<sup>-1</sup>), VE (L.min<sup>-1</sup>), FR (i.min<sup>-1</sup>), VC (L.) e RTR de atletas de elite (AE) e não atletas (NA), durante a corrida em esteira por 1h na velocidade relativa ao limiar anaeróbio ventilatório ( $vLAV_{sessão}$ ).

Na descrição das legendas das figuras, destacam-se: linha contínua cinza escuro, representando os atletas de elite (AE); linha contínua cinza claro, representando os não atletas (NA); linha pontilhada representando a variação do delta percentual ( $\Delta\%$ ) específico para cada variável; seta, representando o valor da variável correspondente a  $vLAV_{tcpe}$ . Para legenda representativa do volume corrente (VC) há o acréscimo da linha tracejada que representa a variação dos não atletas (NA).

Pode-se observar na Figura 1 que ambos os grupos apresentaram comportamento de estado estável do  $VO_2$ , permanecendo nos valores de 5% ( $\Delta 5\%$ ) com diferença nos valores a partir do 4º para o 60º minuto de 1 e 3 mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> para os grupos AE e NA, respectivamente. Os dois grupos realizaram a sessão de exercício no LAV com valor superior aos valores encontrados no TCPE de 4 e 6 mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> ( $p < 0,05$ ;  $g = 1,329$ ) para AE e NA, respectivamente.

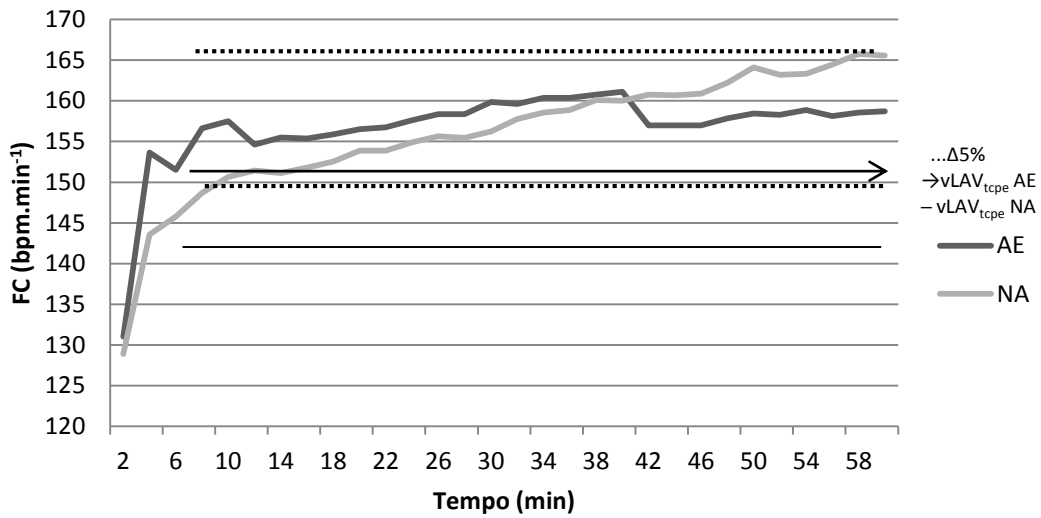
Figura 1 – Comportamento do  $\text{VO}_2$  ( $\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) durante exercício de 1 hora de corrida na velocidade do  $\text{vLAV}_{\text{tcpe}}$  em atletas de elite e não atletas, apresentando estado estável (ANOVA  $p>0,05$ ).



Fonte: do próprio autor

A FC demonstrou comportamento crescente similar entre os grupos, com valores variando de 6 e 15  $\text{bpm}.\text{min}^{-1}$  ( $p<0,05$ ;  $g=1,072$ ) acima dos valores do LAV encontrados no TCPE para AE e NA, respectivamente (Figura 2). Para uma variação considerada de 5% ( $\Delta 5\%$ ) com diferença nos valores a partir do 4º para o 60º minuto de 5 e 22  $\text{bpm}.\text{min}^{-1}$  para os grupos AE e NA, respectivamente. Ambos os grupos permaneceram em estado estável durante a sessão de exercício no LAV. Média de 8 indivíduos para o grupo AE, um atleta realizou 40 min de sessão, levando a média dos valores para baixo, motivo da queda a partir dos 40 min., um outro indivíduo do grupo AE a FC não foi mensurada por problemas no equipamento.

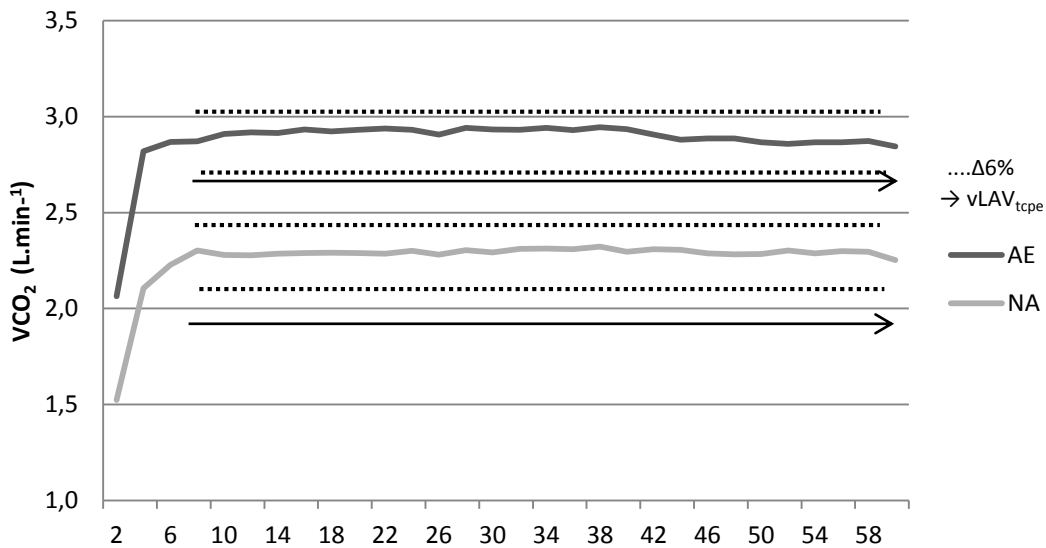
Figura 2 – Comportamento da FC ( $\text{bpm}.\text{min}^{-1}$ ), durante exercício de 1 hora de corrida na velocidade do  $\text{vLAV}_{\text{tcpe}}$  em atletas de elite e não atletas. (ANOVA  $p>0,05$ )



Fonte: do próprio autor

A Figura 3 apresenta os valores de VCO<sub>2</sub> com comportamento de estado estável similares para ambos os grupos. Não apresentou diferença nos valores a partir do 4º para o 60º minuto para ambos os grupos. Os valores médios durante a sessão de exercício foram de 0,2 e 0,5 L.min<sup>-1</sup> (p<0,05; g= 1,337) acima dos valores relativos do vLAV<sub>tcp</sub> para AE e NA, respectivamente. Considerando variações de 6% (Δ6%), ambos os grupos permaneceram dentro dos valores determinados.

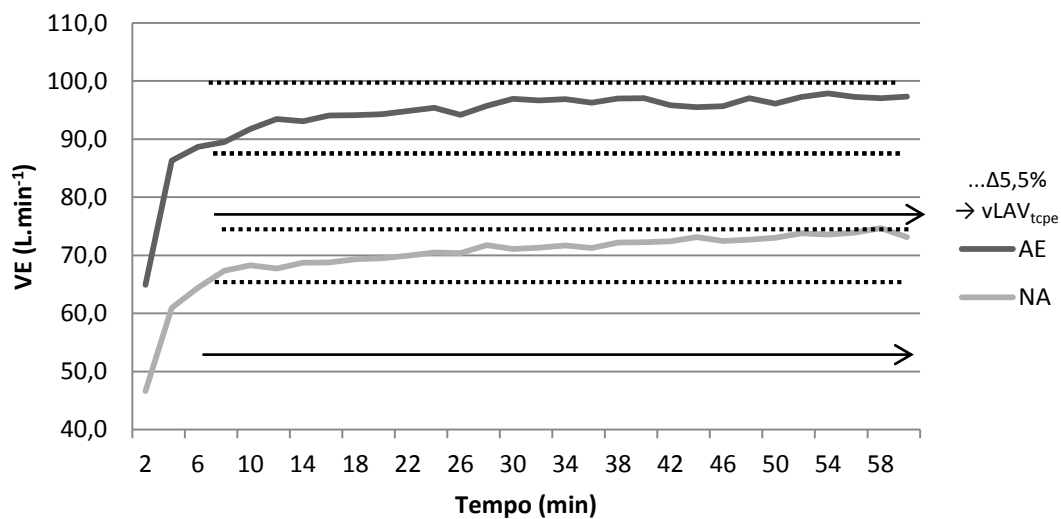
Figura 3 – Comportamento do VCO<sub>2</sub> (L.min<sup>-1</sup>), durante exercício de 1 hora de corrida na velocidade do vLAV<sub>tcp</sub> em atletas de elite e não atletas, apresentando estado estável. (ANOVA p>0,05)



Fonte: do próprio autor

A VE na Figura 4 apresentou estado estável considerando variação de 5,5% ( $\Delta 5,5\%$ ) com diferença nos valores a partir do 4º para o 60º minuto de 11 e 12,2 L. min<sup>-1</sup> para os grupos AE e NA, respectivamente. Os valores médios da sessão de exercício foi de 16,1 e 18,1 L.min<sup>-1</sup> ( $p < 0,001$ ;  $g = 2,141$ ) acima dos valores encontrados no  $vLAV_{t_{cpe}}$  para AE e NA, respectivamente.

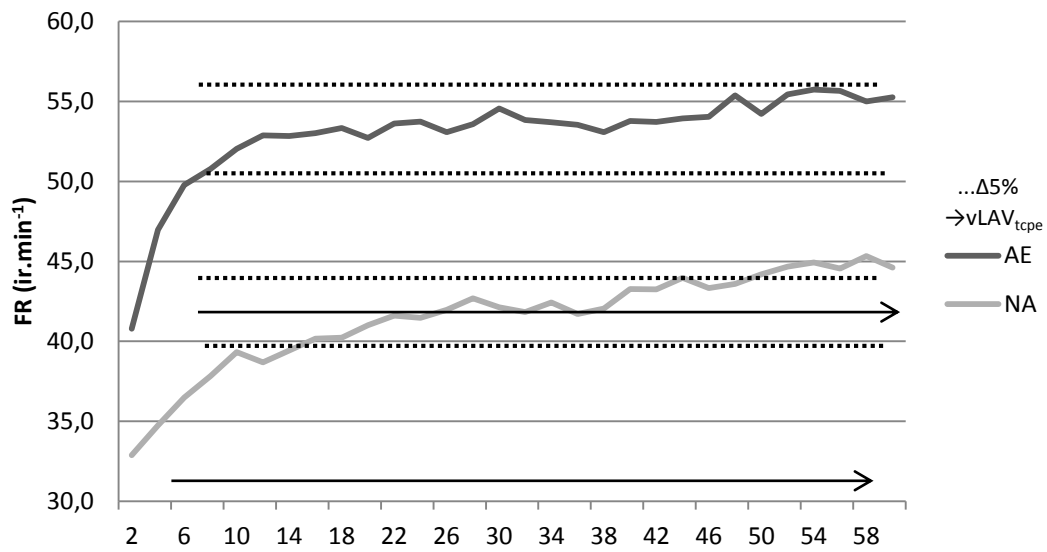
Figura 4 – Comportamento da VE (L.min<sup>-1</sup>) durante exercício de 1 hora de corrida na velocidade do  $vLAV_{t_{cpe}}$  em atletas de elite e não atletas, apresentando estado estável. (ANOVA  $p > 0,05$ )



Fonte: do próprio autor

Na Figura 5 pode-se observar que a FR apresentou estado estável no grupo AE, considerando uma variação de 5% ( $\Delta 5\%$ ), com diferença nos valores a partir do 4º para o 60º minuto de 8,3 e 9,9 (ir.min<sup>-1</sup>) para os grupos AE e NA, respectivamente. O valor médio da sessão foi de 10,5 e 10,2 (ir.min<sup>-1</sup>) ( $p < 0,001$ ;  $g = 1,776$ ) acima dos valores encontrados no  $vLAV_{t_{cpe}}$  para AE e NA. O grupo NA não apresentou estado estável quando se considera a variação de 5% nem para ANOVA de uma via ( $p < 0,05$ ).

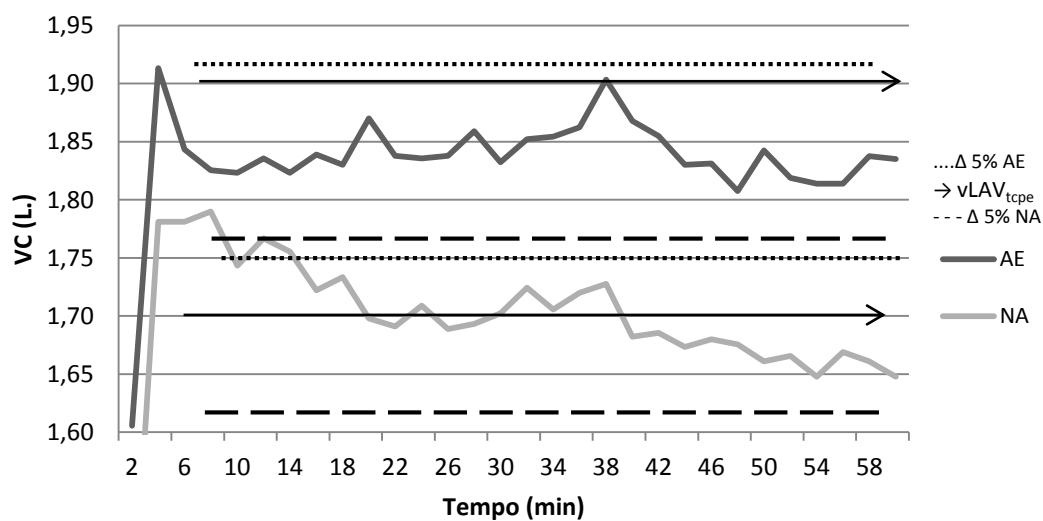
Figura 5 – Comportamento da FR (i.min<sup>-1</sup>), durante exercício de 1 hora de corrida na velocidade do LAV em atletas de elite e não atletas. O comportamento apresentado para não atletas houve diferenças significativas não apresentando estado estável. (ANOVA  $p = 0,03$ ) (ir.min<sup>-1</sup>) = Incursões respiratórias por minuto.



Fonte: do próprio autor

Na figura 6, observa-se um comportamento de estado estável do VC considerando uma variação de 5% ( $\Delta 5\%$ ) com diferença nos valores a partir do 4º para o 60º minuto de 0,08 e 0,13 L. para os grupos AE e NA, respectivamente. Pode-se observar que para o grupo AE, o valor médio da sessão foi de 0,06 L abaixo dos valores encontrados no  $vLAV_{tpe}$ , enquanto que o grupo NA mantiveram uma média de 1,70 L durante a sessão com redução de valores até 1,65 L a partir dos 40min, entretanto sem diferenças estatísticas. ( $p > 0,05$ ;  $g = -0,269$ )

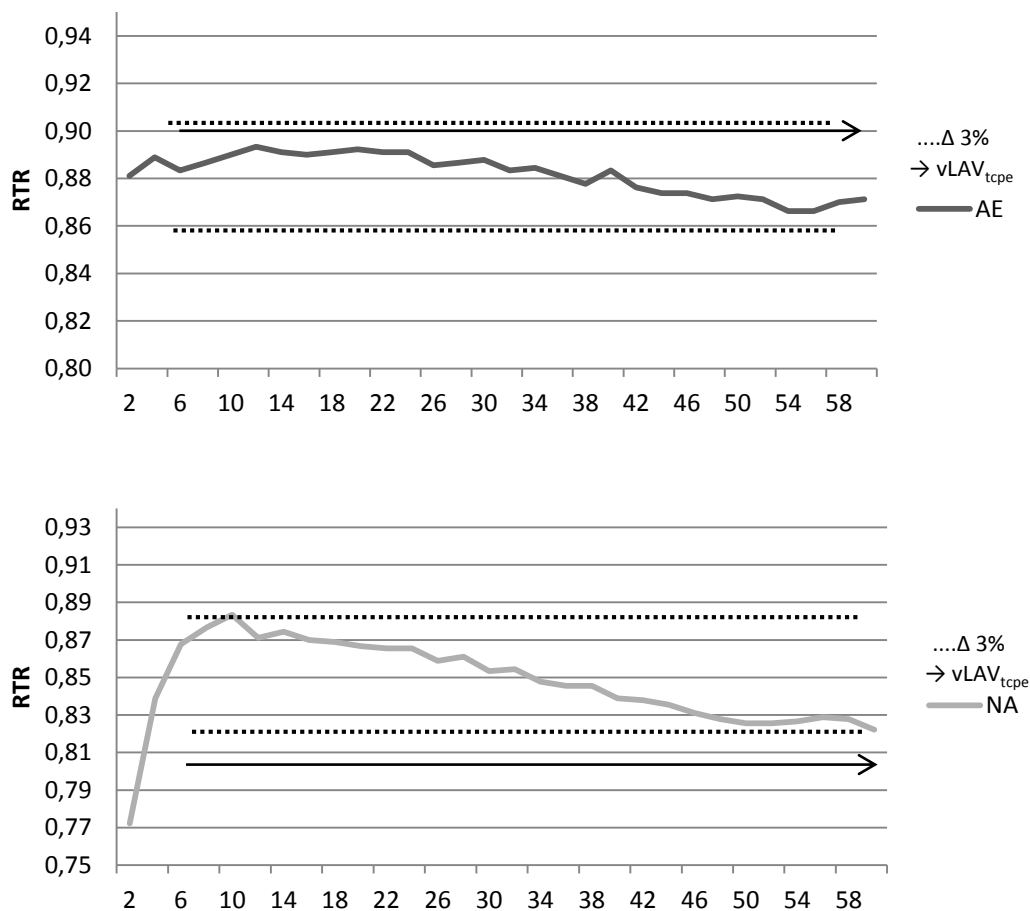
Figura 6 – Comportamento do VC (L.), durante exercício de 1 hora de corrida na velocidade do  $vLAV_{tpe}$  em atletas de elite e não atletas. (ANOVA  $p > 0,05$ )



Fonte: do próprio autor

Na figura 7, observa-se o comportamento da RTR para AE e NA respectivamente. Ambos os grupos demonstraram redução nos valores de RTR durante a sessão de corrida na intensidade relativa ao  $vLAV_{sess\tilde{a}o}$  por 1h. No grupo AE, os valores de RTR variaram de 0,89 a 0,87 do 4º para o 60º minuto, sem diferenças estatísticas (ANOVA  $p>0,05$ ). No grupo NA, os valores variaram de 0,88 a 0,82 do 8º para o 60º minuto (ANOVA  $p=0,021$ ), entretanto, considerando o critério de variação de 3% nos valores apresentados, ambos os grupos apresentaram estado estável. No grupo AE, o valor médio da sessão de exercício foi 0,01 ( $p>0,536$ ;  $g=-0,337$ ) abaixo do valor encontrado no  $vLAV_{tcpe}$ , já no grupo NA, o valor médio da sessão foi de 0,06 ( $p=0,046$ ;  $g=0,980$ ) acima do valor de  $vLAV_{tcpe}$ .

Figura 7 – Comportamento da RTR durante exercício de 1 hora de corrida na velocidade do  $vLAV_{tcpe}$  para atletas de elite, apresentando estado estável. No grupo NA, apresenta comportamento de redução durante o esforço, entretanto, atende a variação aceita de 3%. (ANOVA  $p=0,021$ )



Fonte: do próprio autor

## 5.2 Sessões de exercício no PCR: comportamento das variáveis ventilatórias e metabólicas

Serão apresentadas tabelas e figuras com as variáveis ventilatórias e metabólica dos grupos AE e NA. As figuras apresentam o comportamento individual e médio dos 18 indivíduos dos grupos nas variáveis ventilatórias referentes à sessão de exercício na velocidade do PCR ( $vPCR_{\text{sessão}}$ ) que foram registradas como médias de 30 segundos e avaliadas a partir do 3º min de exercício. A representação dos valores médios nas figuras inclui os pontos no qual uma maior parte dos indivíduos apresentaram os mesmos tempos de exercício.

O tempo médio da sessão para AE e NA foi de  $10 \pm 6,8$  min e  $12 \pm 5,9$  min respectivamente, sem diferenças estatísticas entre os grupos ( $p = 0,55$ ;  $g = -0,30$ )

Os grupos atingiram valores  $\% VO_{2\text{max}}$  de  $84,8 \pm 7,5$  para NA e  $90,4 \pm 5,6$  para AE ( $p = 0,093$ ;  $g = 0,80$ ).

Os tempos de exercício variaram (4 a 25 min) para AE e (5,3 a 21) min para NA. As variáveis ventilatórias apresentaram comportamento de estado estável estipulado pelo nível de significância de 5% a partir da ANOVA de uma via, único critério utilizado para definir o estado estável.

As variáveis analisadas foram:  $VO_2$ , FC,  $VCO_2$ , VE, FR, VC e RTR de atletas de elite (AE) e não atletas (NA) durante corrida em esteira até a fadiga voluntária na velocidade relativa ao PCR ( $vPCR_{\text{tpe}}$ ).

### 5.2.1 Atletas elite

Na Tabela 8 estão apresentados os valores médios avaliados no  $vPCR_{\text{tpe}}$  comparados com os valores médios durante a sessão de exercício na velocidade relativa  $vPCR_{\text{sessão}}$  de AE e também é apresentado o tamanho de efeito representado pela letra “g” para cada variável. A variável VE na  $vPCR_{\text{sessão}}$  quando comparada à  $vPCR_{\text{tpe}}$  apresentou diferenças estatísticas ( $p < 0,05$ ) com tamanho de efeito muito grande, representado pelo valor  $\geq 1,3$ .



Tabela 8 – Comparação dos valores das variáveis ventilatórias e metabólica no vPCR<sub>tpe</sub> e da sessão de exercício referentes à vPCR<sub>sessão</sub> do grupo Atletas de Elite (AE).

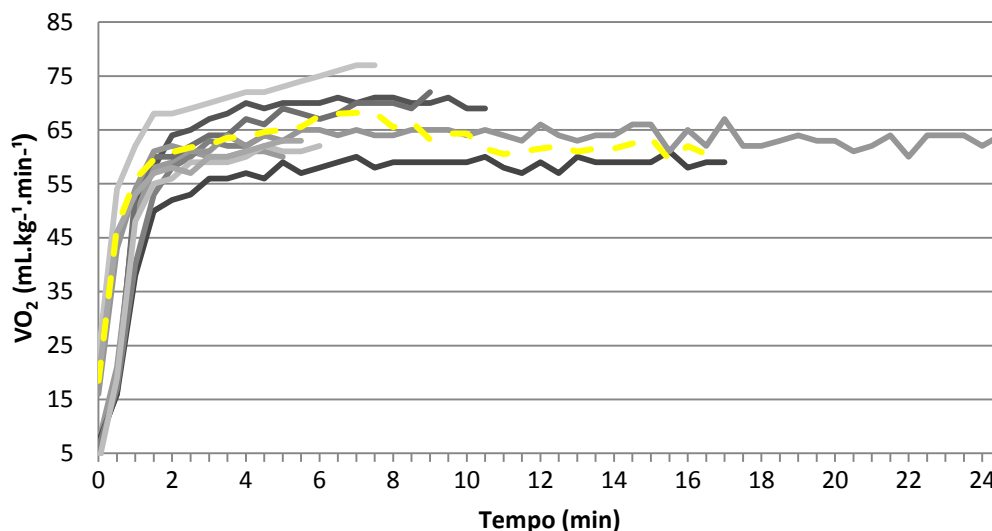
Variáveis AE	vPCR <sub>tpe</sub>	vPCR <sub>sessão</sub>	Dif.	p- valor	ES(g)
VO <sub>2</sub> (mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	63±5,2	63±2,2	0	0,692	0,000
FC (bpm.min <sup>-1</sup> )	171,0 ±8,7	173±3,4	2	0,449	0,293
VCO <sub>2</sub> (L.min <sup>-1</sup> )	3,8±0,3	3,8±0,2	0	0,682	0,000
RTR	0,98±0,04	0,96±0,03	-0,2	0,331	-0,539
VE (L.min <sup>-1</sup> )	113,3±20,7	135,3±6,1*	22	<0,001	1,373
FR (ir.min <sup>-1</sup> )	54,8±15,1	57,6±3,0	2,8	0,097	0,245
VC (L.)	2,1±0,4	2,3±0,1	0,2	0,088	0,649

Valores de média ±DP (TCPE- teste cardiopulmonar de exercício; AE – atleta de elite; Dif. – diferença nos valores da sessão vPCR<sub>sessão</sub> vs vPCR<sub>tpe</sub>; \* p≤ 0,05; ES(g)- tamanho de efeito – *g de Hedges*).

Fonte: do próprio autor

Na Figura 8 pode-se observar comportamento de equilíbrio individual no consumo de oxigênio relativo VO<sub>2</sub> (mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>). O valor médio da sessão de exercício foi de 63±2,2 mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> e os valores encontrados no vPCR<sub>tpe</sub> também foram de 63±5,2 mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>. (p= 0,692, g= 0,00).

Figura 8 – Comportamento individual (linhas contínuas) do VO<sub>2</sub> (mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>), valor médio (linha tracejada amarela) apresentando estado estável durante corrida até exaustão voluntária na velocidade do vPCR<sub>tpe</sub> em AE. (ANOVA p>0,05)

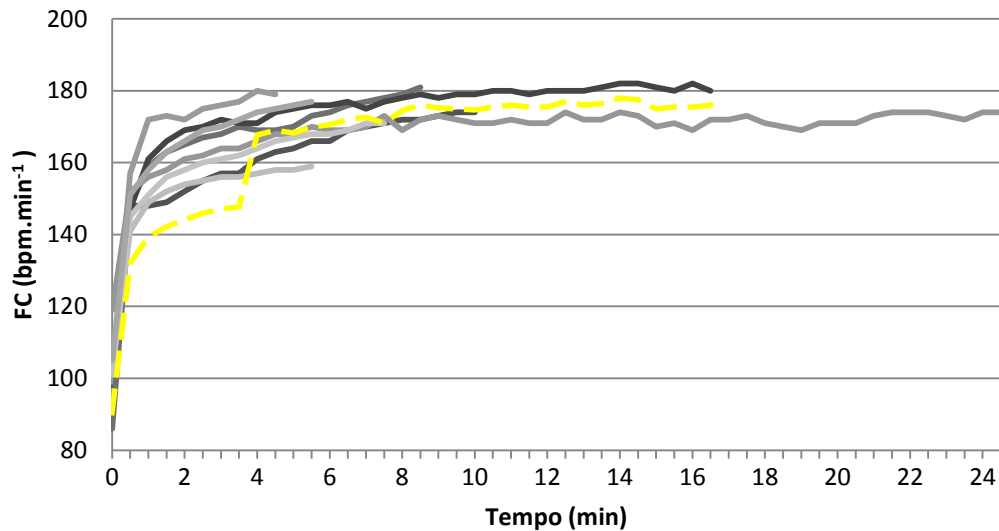


Fonte: do próprio autor

Na Figura 9 apresenta-se o comportamento de estado estável de 8 indivíduos na frequência cardíaca FC (bpm.min<sup>-1</sup>). O valor médio da sessão de exercício vPCR<sub>sessão</sub> foi de

$173 \pm 3,54 \text{ bpm} \cdot \text{min}^{-1}$  e os valores encontrados no  $v\text{PCR}_{\text{tpe}}$  foram de  $171 \pm 8,7 \text{ bpm} \cdot \text{min}^{-1}$ . ( $p=0,449$ ,  $g=0,293$ ) Não foi possível registrar a FC de um dos corredores por motivos técnicos do transmissor.

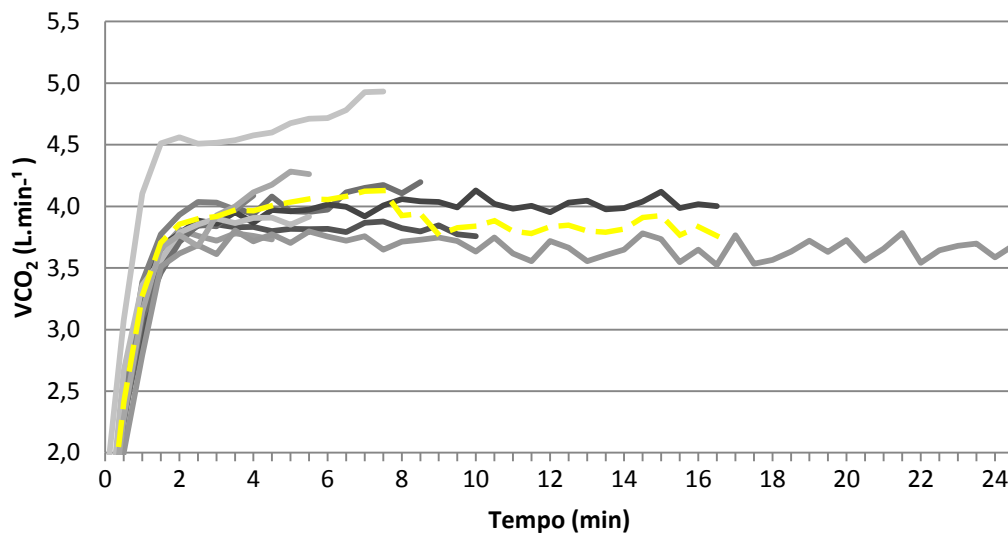
Figura 9 – Comportamento individual (linhas contínuas) da FC ( $\text{bpm} \cdot \text{min}^{-1}$ ), valor médio (linha tracejada amarela) apresentando estado estável durante corrida até a exaustão voluntária na velocidade do  $v\text{PCR}_{\text{tpe}}$  em AE. (ANOVA  $p>0,05$ )



Fonte: do próprio autor

Pode-se observar na Figura 10 o comportamento de estado estável dos indivíduos no  $\text{VCO}_2$  ( $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ ). O valor médio da sessão de exercício na  $v\text{PCR}_{\text{sessão}}$  foi de  $3,8 \pm 0,16 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$  e os valores encontrados no  $v\text{PCR}_{\text{tpe}}$  também foram de  $3,8 \pm 0,3 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ . ( $p=0,682$ ,  $g=0,00$ ).

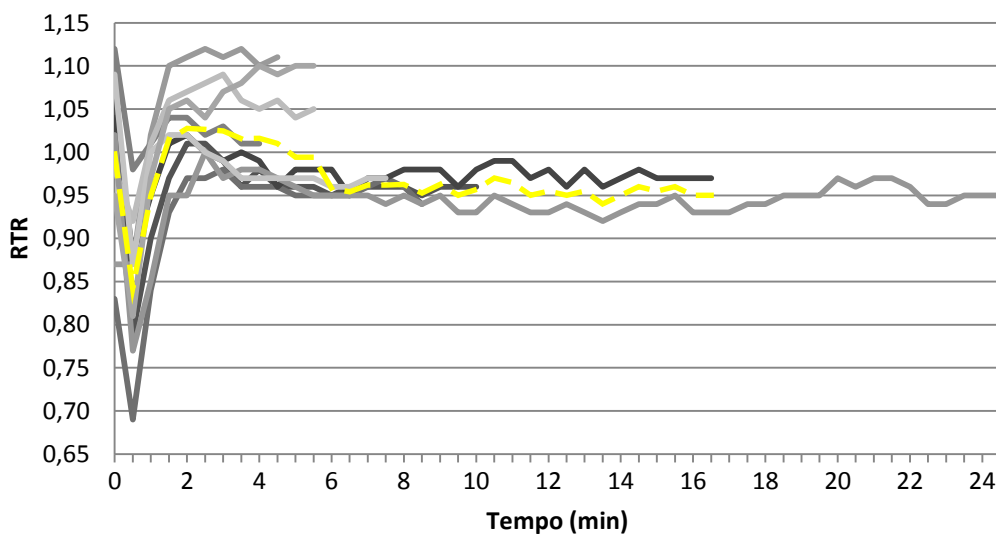
Figura 10 – Comportamento individual (linhas contínuas) do  $\text{VCO}_2$  ( $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ ) e valor médio (linha tracejada amarela), apresentando estado estável durante corrida até a exaustão na velocidade do  $v\text{PCR}_{\text{tpe}}$  em AE. (ANOVA  $p>0,05$ )



Fonte: do próprio autor

A Figura 11 apresenta comportamento de estado estável dos indivíduos nos valores da razão de troca respiratória RTR ( $VO_2/VCO_2$ ). O valor médio da sessão de exercício no vPCR-sessão foi de  $0,96 \pm 0,03$  e os valores encontrados no vPCR<sub>tcpe</sub> foram de  $0,98 \pm 0,04$ . ( $p = 0,331$ ,  $g = -0,539$ ).

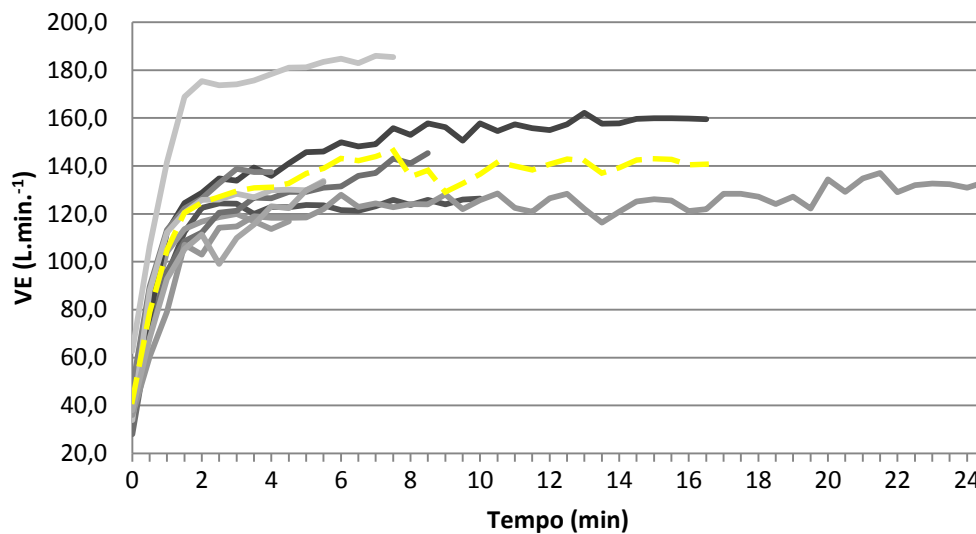
Figura 11 – Comportamento individual (linhas contínuas) da RTR e valor médio (linha tracejada amarela), apresentando estado estável na razão  $VCO_2/VO_2$ , com média de RTR de 1 durante corrida até exaustão voluntária na velocidade do vPCR<sub>tcpe</sub> em AE. (ANOVA  $p > 0,05$ )



Fonte: do próprio autor

A Figura 12 apresenta comportamento de estado estável dos indivíduos na VE (L.min<sup>-1</sup>). O valor médio da sessão de exercício na vPCR<sub>sessão</sub> foi de 135,3±6,1 L.min<sup>-1</sup> e os valores encontrados no vPCR<sub>t<sub>ce</sub></sub> foram de 113,3±20,7 L.min<sup>-1</sup>, com diferença de 22 L.min<sup>-1</sup> (p<0,001, g= 1,373).

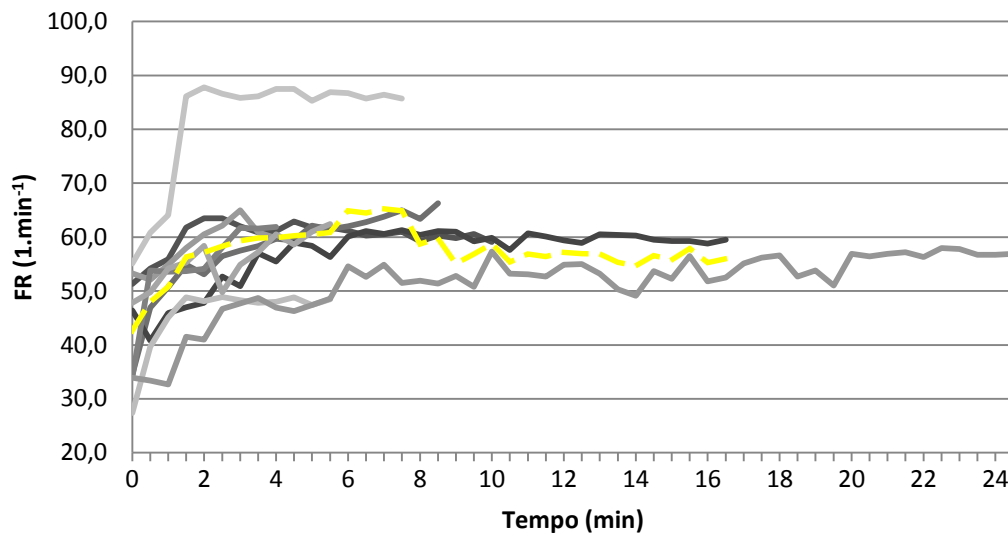
Figura 12 – Comportamento individual (linhas contínuas) da VE (L.min<sup>-1</sup>) e valor médio (linha tracejada amarela), apresentando estado estável (ANOVA p>0,05) durante corrida até exaustão voluntária na velocidade do vPCR<sub>t<sub>ce</sub></sub> em AE.



Fonte: do próprio autor

A Figura 13 apresenta o comportamento de estado estável dos indivíduos nos valores de frequência respiratória FR (ir.min<sup>-1</sup>). O valor médio da sessão de exercício na vPCR<sub>sessão</sub> foi de 57,6±3,01 (ir.min<sup>-1</sup>) e os valores encontrados no vPCR<sub>t<sub>ce</sub></sub> foram de 54,8±15,1(ir.min<sup>-1</sup>) (p< 0,097 g= 0,245).

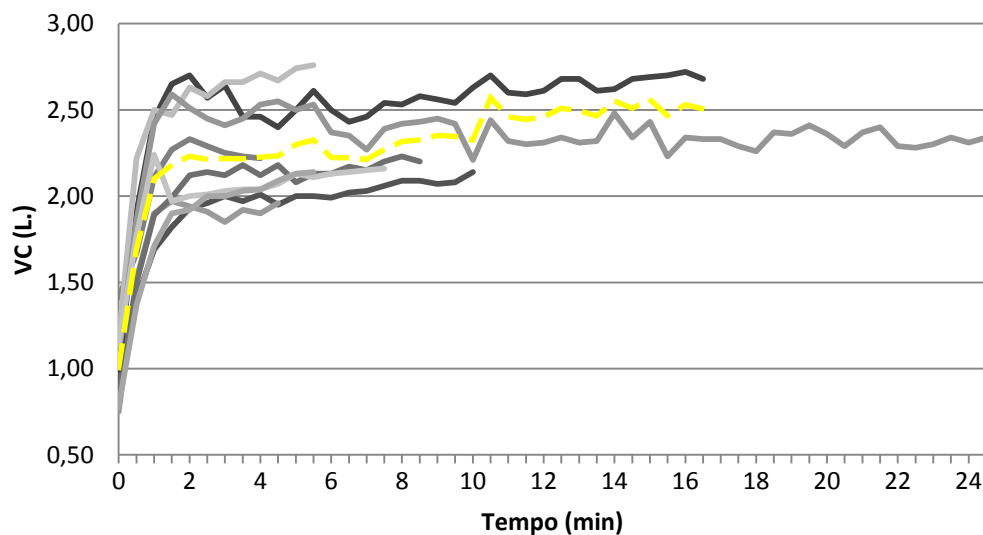
Figura 13 – Comportamento individual (linhas contínuas) da FR (ir.min<sup>-1</sup>) e valor médio (linha tracejada amarela), apresentando estado estável durante corrida até a exaustão voluntária na velocidade do vPCR<sub>t<sub>ce</sub></sub> em atletas de elite. (ANOVA p>0,05)



Fonte: do próprio autor

A Figura 14 apresenta comportamento de estado estável dos indivíduos no volume corrente VC (L.). O valor médio da sessão de exercício na  $vPCR_{sess\tilde{a}o}$  foi de  $2,3\pm 0,11$  (L.) e os valores encontrados no  $vPCR_{tpe}$  foram de  $2,1\pm 0,4$  (L.) ( $p < 0,88$ ;  $g = 0,649$ ).

Figura 14 – Comportamento individual (linhas contínuas) do volume corrente ( $L \cdot min^{-1}$ ) e valor médio (linha tracejada amarela), apresentando estado estável durante corrida até a exaustão voluntária na velocidade do  $vPCR_{tpe}$  em atletas de elite. (ANOVA  $p > 0,05$ )



Fonte: do próprio autor

### 5.2.2 Não Atletas

Na Tabela 9 estão apresentados os valores médios avaliados no  $vPCR_{tcpe}$  comparados com os valores médios durante a sessão de exercício na velocidade relativa ao PCR ( $vPCR$ ) de NA, também é apresentado o tamanho de efeito representado pela letra “g” para cada variável. A variável FC na  $vPCR_{sessão}$  quando comparado à  $vPCR_{tcpe}$  apresentou diferenças estatísticas ( $p < 0,05$ ) com média de tamanho de efeito grande, representado por valor de  $g \geq 0,8$ .

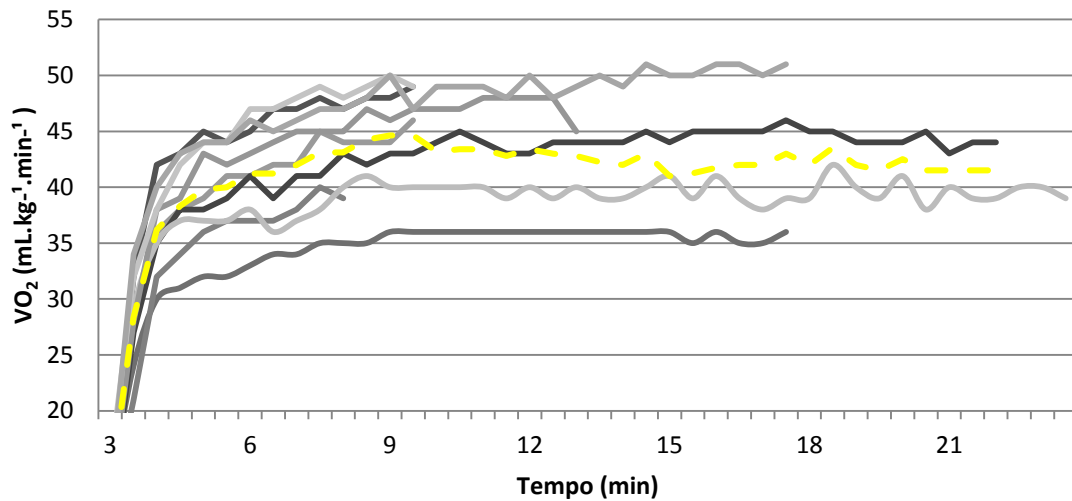
Tabela 9 – Comparação dos valores das variáveis ventilatórias e metabólica no  $vPCR_{tcpe}$  e da sessão de exercício referentes à  $vPCR_{sessão}$  do grupo Não Atletas (NA)

Variáveis NA	$vPCR_{tcpe}$	$vPCR_{sessão}$	Dif.	p- valor	ES(g)
$VO_2$ (mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	40±3,8	42±1,8	2	0,073	0,641
FC (bpm.min <sup>-1</sup> )	171±11,3	183±5,6*	12	0,002	1,282
$VCO_2$ (L.min <sup>-1</sup> )	3±0,6	3±0,32	0	0,256	0,00
RTR	0,93±0,1	0,93±0,02	0	0,771	0,00
VE (L.min <sup>-1</sup> )	87,9±21,2	88,5±9,3	0,6	0,761	0,035
FR (ir.min <sup>-1</sup> )	41,9±9,2	43,8±1,78	1,9	0,414	0,273
VC (L.)	2,1±0,2	2,03±0,18	-0,07	0,305	-0,350

Valores de média ±DP (TCPE- teste cardiopulmonar de exercício; NA – não atleta; Dif. – diferença nos valores da sessão  $vPCR_{sessão}$  vs  $vPCR_{tcpe}$  ; \*  $p \leq 0,05$ ; ES(g)- tamanho de efeito – *g de Hedges*).

Na Figura 15 apresenta-se o comportamento de estado estável individual no  $VO_2$ . O valor médio da sessão de exercício na  $vPCR_{sessão}$  foi de 42±1,8 (mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) para o grupo NA e os valores encontrados no  $vPCR_{tcpe}$  foram de 40±3,8 mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>. Os valores não apresentaram diferenças estatísticas, entretanto com moderado tamanho de efeito ( $p = 0,073$ ;  $g = 0,641$ ).

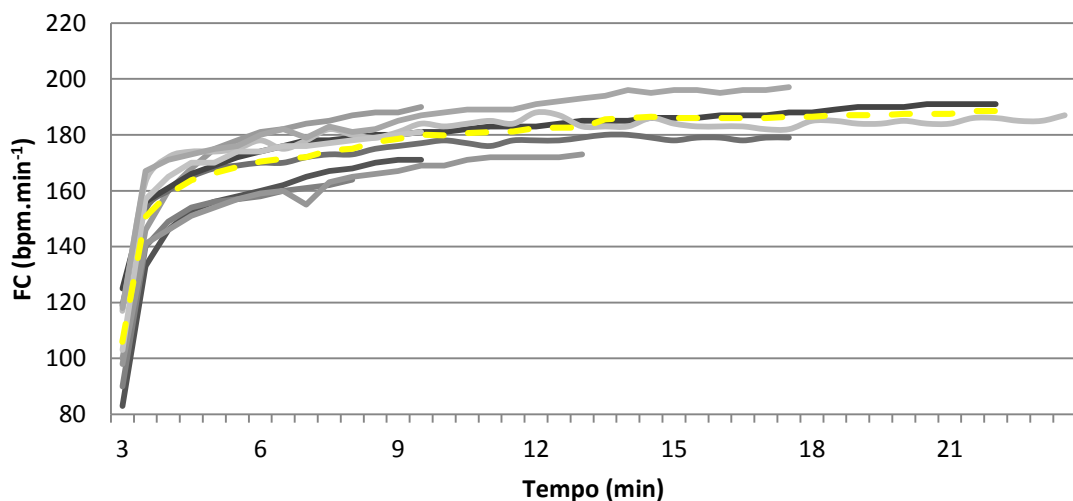
Figura 15 – Comportamento individual (linhas contínuas) do  $VO_2$  (mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>), e valor médio (linha tracejada amarela) apresentando estado estável durante corrida até exaustão voluntária na velocidade do  $vPCR_{tcpe}$  em NA. (ANOVA  $p > 0,05$ )



Fonte: do próprio autor

A Figura 16 apresenta comportamento de estado estável dos 9 indivíduos na frequência cardíaca FC. O valor médio da sessão de exercício foi de  $183 \pm 5,6$  bpm.min<sup>-1</sup> e os valores encontrados no vPCR<sub>tpe</sub> foram de  $171 \pm 11,3$  bpm.min<sup>-1</sup>. Diferença de 12 bpm.min<sup>-1</sup> durante a sessão de exercício na vPCR<sub>sessão</sub>. Os valores apresentaram diferenças estatísticas com grande tamanho de efeito ( $p=0,002$ ;  $g=1,282$ ).

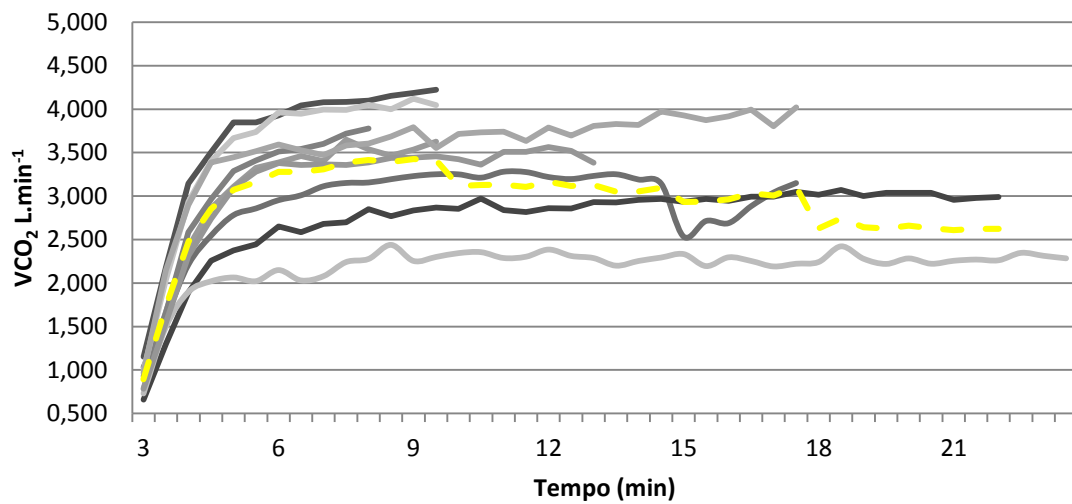
Figura 16 – Comportamento individual (linhas contínuas) da FC (bpm.min<sup>-1</sup>) e valor médio (linha tracejada amarela), apresentando estado estável durante corrida até a exaustão voluntária na velocidade do vPCR<sub>tpe</sub> em NA. (ANOVA  $p>0,05$ )



Fonte: do próprio autor

A Figura 17 apresenta comportamento de estado estável dos indivíduos no  $VCO_2$  ( $L \cdot min^{-1}$ ). O valor médio da sessão de exercício na  $vPCR_{sessão}$  foi de  $3,0 \pm 0,32 L \cdot min^{-1}$  e os valores encontrados no  $vPCR_{tpe}$  também foram de  $3,0 \pm 0,6 L \cdot min^{-1}$ . Os valores não apresentaram diferenças estatísticas, sem tamanho de efeito considerado ( $p = 0,256$ ;  $g = 0,00$ ).

Figura 17 – Comportamento individual (linhas contínuas) do  $VCO_2$  ( $L \cdot kg^{-1}$ ) e valor médio (linha tracejada amarela), apresentando estado estável durante corrida até a exaustão na velocidade do  $vPCR_{tpe}$  em NA. (ANOVA  $p > 0,05$ )

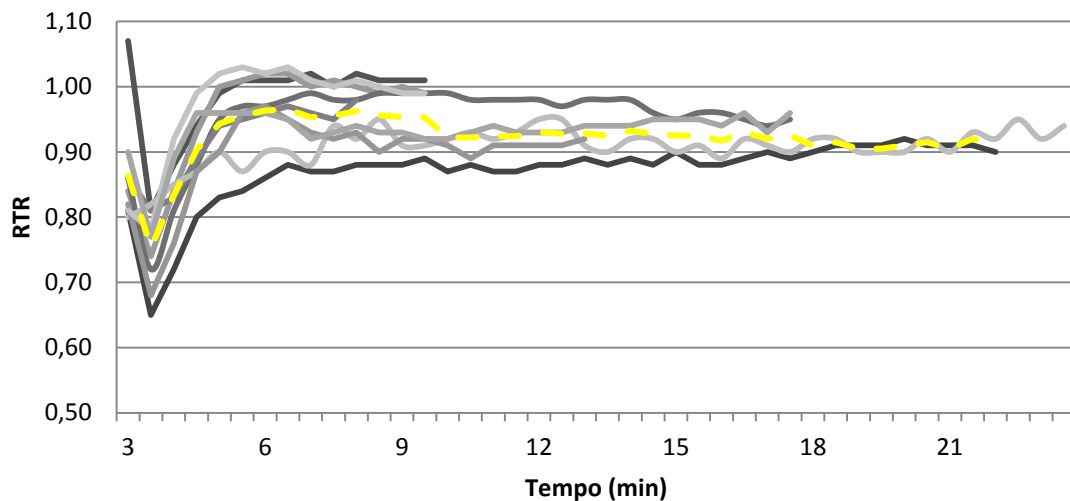


Fonte: do próprio autor

A Figura 18 apresenta comportamento de estado estável dos indivíduos nos valores da razão de troca respiratória RTR ( $VO_2/VCO_2$ ). O valor médio da sessão de exercício na  $vPCR_{sessão}$  foi de  $0,93 \pm 0,02$  e os valores encontrados no  $vPCR_{tpe}$  foram de  $0,93 \pm 0,1$ . Os valores não apresentaram diferenças estatísticas, sem tamanho de efeito considerado ( $p = 0,771$ ;  $g = 0,00$ ).

Figura 18 – Comportamento individual (linhas contínuas) da RTR e valor médio (linha tracejada amarela), apresentando estado estável durante corrida até a exaustão voluntária na velocidade do  $vPCR_{tpe}$  em NA. (ANOVA  $p > 0,05$ )

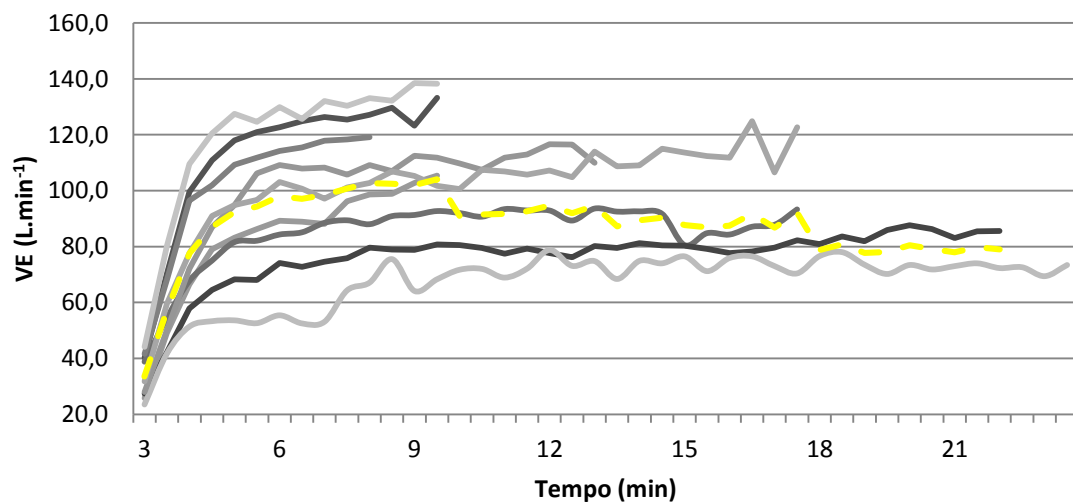




Fonte: do próprio autor

A Figura 19 apresenta comportamento de estado estável dos indivíduos na VE (L.min<sup>-1</sup>). O valor médio da sessão de exercício na vPCR<sub>sessão</sub> foi de  $88,5 \pm 9,3$  L.min<sup>-1</sup> e os valores encontrados na vPCR<sub>tape</sub> foram de  $87,9 \pm 21,2$  L.min<sup>-1</sup>. Os valores não apresentaram diferenças estatísticas, sem tamanho de efeito considerado ( $p = 0,761$ ;  $g = 0,03$ ).

Figura 19 – Comportamento individual (linhas contínuas) da VE (L.min<sup>-1</sup>) e valor médio (linha tracejada amarela), apresentando estado estável durante corrida até a exaustão voluntária na velocidade do vPCR<sub>tape</sub> em NA. (ANOVA  $p > 0,05$ )

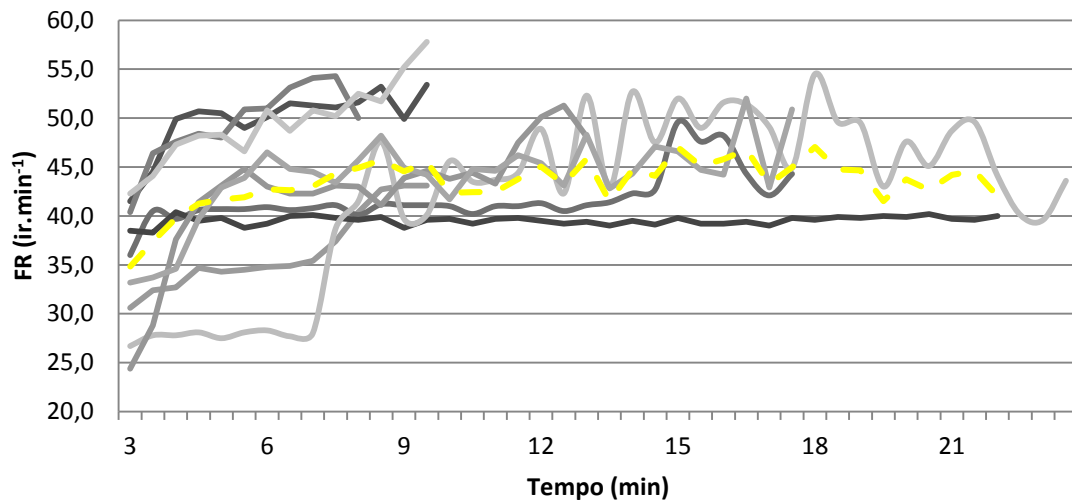


Fonte: do próprio autor

A Figura 20 apresentou comportamento de estado estável mesmo a apresentação gráfica apresentar comportamento de desequilíbrio de alguns indivíduos nos valores de frequência respiratória FR (ir.min<sup>-1</sup>). O valor médio da sessão de exercício na vPCR<sub>sessão</sub> foi de  $43,8 \pm 1,78$

(ir.min<sup>-1</sup>) e os valores encontrados na vPCR<sub>tcpe</sub> foram de 41,9±9,2 (ir.min<sup>-1</sup>) (p= 0,414; g= 0,273).

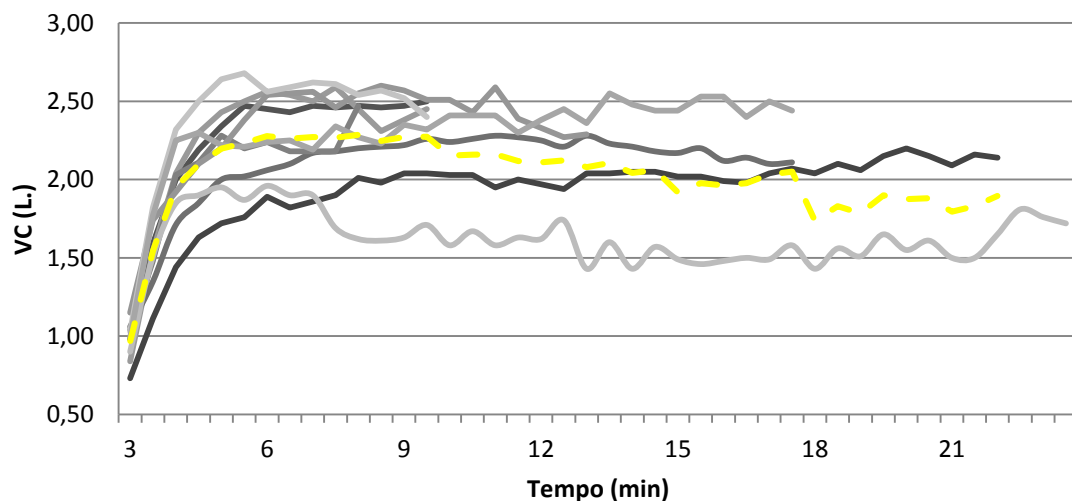
Figura 20 – Comportamento individual (linhas contínuas) da FR (ir.min<sup>-1</sup>) e valor médio (linha tracejada amarela), apresentando estado estável durante corrida até a exaustão voluntária na velocidade do vPCR<sub>tcpe</sub> em NA. (ANOVA p>0,05)



Fonte: do próprio autor

A Figura 21 apresenta comportamento de estado estável dos indivíduos no volume corrente VC (L.). O valor médio da sessão de exercício na vPCR<sub>sessão</sub> foi de 2,03±0,18 (L.) e os valores encontrados no vPCR<sub>tcpe</sub> foram de 2,1±0,2 (L.). Os valores não apresentaram diferenças estatísticas, com tamanho de efeito pequeno (p= 0,305; g= -0,350).

Figura 21 – Comportamento individual (linhas contínuas) do volume corrente (L.min<sup>-1</sup>) e valor médio (linha tracejada amarela), apresentando estado estável durante corrida até a exaustão na velocidade do vPCR<sub>tcpe</sub> em NA. (ANOVA p>0,05)



Fonte: do próprio autor

## 6 Discussão

Uma sessão de exercício contínuo com velocidade constante nas intensidades relativas ao  $vLAV_{t_{cpe}}$  e ao  $vPCR_{t_{cpe}}$  apresentaram similaridades no comportamento de estado estável (*steady state*) nas variáveis avaliadas:  $VO_2$ , FC,  $VCO_2$ , VE, FR, VC e RTR. Até o presente momento, esse foi o primeiro estudo a avaliar o estado estável nessas intensidades específicas e com indivíduos de diferentes níveis de desempenho.

O comportamento das variáveis ventilatórias na  $vPCR_{sessão}$  apresentou comportamento de estado estável, exceto para VE e FC nos grupos AE e NA, respectivamente. Esses resultados atenderam um dos objetivos do presente estudo, que foi caracterizar o estado estável nessas intensidades. Primeiramente, serão discutidos os resultados da  $vLAV_{sessão}$  e, em seguida, os resultados da  $vPCR_{sessão}$ .

### 6.1 Sessão LAV

Na sessão da  $vLAV_{sessão}$ , o comportamento de estado estável foi caracterizado por meio dos valores estipulados pelos critérios de variação em delta percentual ( $\Delta\%$  de 3, 5, 5,5 e 6%) além do critério de análise estatística ANOVA de uma via. No estudo de TANAKA (1991), com característica similar ao nosso, o autor utilizou concentrações sanguíneas de lactato [Lac] para determinar o limiar de transição metabólica, que é relacionado ao LAV.

Foram avaliados 15 corredores bem treinados por 1 hora de corrida na esteira na velocidade do limiar de lactato. Os indivíduos possuíam um  $VO_{2max}$   $63,6 \pm 5,5$   $ml.kg^{-1}.min^{-1}$  e  $VO_2$  no limiar de lactato de  $41,6 \pm 5,5$   $ml.kg^{-1}.min^{-1}$  que apresentou diferenças comparadas ao grupo AE do presente estudo ( $VO_{2max}$   $69,0 \pm 3,2$   $ml.kg^{-1}.min^{-1}$  e  $VO_{2LAV}$   $49,3 \pm 4,8$ ), essa diferença se deu a diferentes níveis de desempenho dos indivíduos avaliados.

Com mensuração contínua do  $VO_2$  durante o exercício, Tanaka observou uma variação de 63 a 69% do  $VO_{2max}$ , e considerou como estado estável, variações de 2 desvios padrões da média, que foi diferente do nosso estudo. Um importante destaque do presente estudo foi a utilização de dois critérios afim de determinar o estado estável, enquanto que estudos anteriores (TANAKA, 1991; RIBEIRO et al., 1986) apresentaram apenas um critério.

Não foi mensurado lactato sanguíneo no presente estudo, entretanto, ao observar queda nas [Lac] sanguíneo a partir dos 20 minutos de exercício, Tanaka (1991) também observou uma

redução da RTR (0,87 – 0,82), indicando mudança no substrato energético utilizado para gerar ATP e consequentemente aumentando a oxidação de gordura (TANAKA, 1991). Esses dados corroboram com achados do nosso estudo, no qual foi observada uma redução nos valores de RTR (0,88 – 0,82) para o grupo NA, apresentando grande efeito fisiológico ( $g = 0,980$ ) avaliado pelo tamanho de efeito. No grupo AE, a RTR (0,89 - 0,87) não apresentou diferenças nos valores com uma possível maior participação da glicólise aeróbia. Um aumento da contribuição das gorduras para o grupo NA e uma manutenção do “mix” carboidrato e gordura para o grupo AE, podem indicar uma maior estabilidade na utilização de substratos energéticos para o grupo AE e uma maior utilização da gordura no grupo NA. Essa resposta de maior utilização de gordura para o grupo NA pode ter sido refletida devido uma menor carga mecânica imposta (velocidade de corrida) na  $vLAV_{\text{sessão}}$  comparada com o grupo AE.

RIBEIRO et al., (1985), apresentaram respostas similares de estado estável em estudo que avaliaram as respostas metabólicas e ventilatórias de 4 intensidades diferentes em 8 indivíduos saudáveis. O equivalente ventilatório de  $O_2$  e  $CO_2$  ( $VE/VO_2$ - $VE/VCO_2$ ) e o lactato sanguíneo apresentaram valores em *steady state* nos últimos 20 min apenas nas intensidades dos limiares 1, entre o limiar 1 e 2 e no limiar 2, entretanto, a potência foi ajustada durante os testes objetivando manter o *steady state* (RIBEIRO et al., 1985) e esses ajustes na potência podem não refletir um real estado estável durante o exercício, no nosso estudo, não houve ajustes de intensidade e ainda assim, conseguimos perceber a ocorrência do estado estável.

No nosso estudo, as variáveis avaliadas na  $vLAV_{\text{sessão}}$ , apresentaram estado estável, exceto para a FR e a RTR do grupo NA. Alterações no padrão de frequência respiratória durante o esforço podem ser influenciadas pelo nível de treinamento, visto que o grupo AE apresentou estado estável.

Não foi avaliado efeito de treinamento a longo prazo, apenas respostas agudas, entretanto, destaca-se a importância do treinamento na intensidade do LAV, que está correlacionado com o limiar de lactato com valores de  $\sim 2,2$  mmol. Estudos apresentados por PRIEST et al (1987) demonstraram aumento do  $VO_{2\text{max}}$ , em 8,1%, aumento na potência anaeróbia em 4,3%, redução na FC de repouso em 5,4% bem como aumento do desempenho em corridas de 15m, 600m, 3,22km e 10km.

Por estarem correlacionados, o limiar de lactato e o limiar ventilatório podem apresentar diferenças de até 3,3% (LL - 73% e LV - 76,3%) na identificação relacionado ao  $VO_{2\text{max}}$ . e esses

achados reforçam a utilização de medidas não invasivas na identificação dos limiares, devido a pequena diferença nos valores.

Os grupos que foram avaliados no nosso estudo, apresentaram diferentes níveis de desempenho cardiopulmonar, com valores de identificação do LAV diferentes, e, corroborando com nossos achados, dados de um estudo da década de 80, indicam que um alto valor de limiar ventilatório quando expresso em velocidade de corrida está altamente correlacionado ( $r=0.60$ ) com melhor desempenho e maior velocidade média em corridas de 5km (HAVERTY et al., 1988)

KAY et al. (1974) avaliaram o padrão de variáveis ventilatórias em exercício utilizando bicicleta ergométrica e esteira ergométrica, sugeriram a hipótese de que a frequência respiratória pode ser influenciada pela frequência de movimento, como a taxa de revolução em bicicleta ergométrica ou frequência de passada e inclinação na esteira ergométrica. Ao testarem essa hipótese em homens saudáveis, não encontraram dependência do padrão respiratório com a frequência de passada na esteira, além de sugerirem similaridade nos padrões ventilatórios na bicicleta e na esteira ergométrica. (KAY et al., 1974). Nossos achados demonstram um padrão de frequência respiratória que foge da linearidade no grupo NA na  $vLAV_{sessão}$  enquanto que o nível de desempenho influenciou de maneira positiva, permitindo o estado estável no grupo AE.

Nossos achados permitiram verificar diferença nos valores das variáveis ventilatórias quando comparadas na  $vLAV_{sessão}$  e  $vLAV_{tpe}$ . Na  $vLAV_{sessão}$  os valores foram diferentes da  $vLAV_{tpe}$ , que foram superestimados, exceto para RTR e VC do grupo AE e NA, respectivamente. Esses resultados indicam uma baixa concordância nos valores quando realizados na mesma intensidade de esforço e corroboram com achados de estudo anterior que avaliou valores similares de lactato sanguíneo no teste e na sessão de exercício (FOXDAL, et al., 1995).

Importantes adaptações metabólicas do exercício realizado em *steady state* na intensidade do LAV ou próxima à mesma ( $\sim 65\% VO_{2pico}$ ) são: o aumento das fibras vermelhas, aumento da atividade e expressão em enzimas marcadoras do ciclo do ácido cítrico como a citrato sintase, que é responsável pelo início do ciclo de Krebs, aumento na BHAD (3- hidroxyacil COA desidrogenase) enzima chave na Beta Oxidação, e aumento na expressão e atividade da PGC1- $\alpha$ , importante coativador responsável pelo aumento no número de mitocôndrias e de fibras do tipo I e IIa no músculo esquelético (BURGOMASTER et al., 2008; LIANG e WARD, 2006), adaptações importantes pois maximizam o aporte oxidativo e utilização de substratos energéticos durante o exercício, aprimorando a capacidade física.

## 6.2 Sessão PCR

Na velocidade do PCR, os indivíduos realizaram a sessão de exercício até atingirem a fadiga e cada grupo apresentou homogeneidade dos valores. Houve grande diferença entre indivíduos no tempo em que atingiram a fadiga, os tempos de exercício variaram (4 a 25 min) para AE e (5,3 a 21) min para NA, mas o tempo médio final que atingiram a fadiga não apresentou diferenças estatísticas. A velocidade realizada no PCR foi estatisticamente diferente entre os grupos NA ( $13 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) e AE ( $19 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) ( $p < 0,001$ ), com grande tamanho de efeito ( $g=3,65$ ). Esses resultados sugerem que a carga interna no organismo foi a mesma em ambos os grupos, visto a intensidade relativa ser a mesma e, além disso, o grupo AE foi capaz de suportar uma carga externa 33% maior em relação à velocidade de corrida quando comparado ao grupo NA.

A fadiga tem sido discutida por pesquisadores em estudos anteriores. O modelo catastrófico da fadiga seria uma das explicações, onde os sistemas fisiológicos apresentam falha, levando à exaustão rapidamente. Entretanto, outro modelo que tenta explicar a fadiga é a teoria do governador central, proposto por NOAKES et al (2004), que postula para uma determinada cadência auto selecionada durante o exercício contínuo, o sistema nervoso central modifica continuamente essa cadência como parte de um sistema dinâmico não linear, permitindo uma regulação integrativa entre sistema nervoso e metabólico que visa manter a homeostase. Esses achados foram confirmados por estudos que não demonstraram falhas em sistemas fisiológicos a partir de análises em variáveis metabólicas e ventilatórias na intensidade da MFEL (NOAKES et al., 2004; BARON et al., 2008).

A vPCR apresentou comportamento de estado estável exceto para VE e FC para os grupos AE e NA respectivamente, além uma boa concordância entre os valores do TCPE e vPCR-sessão.

É importante destacar que não avaliamos lactato sanguíneo, entretanto, a VE apresentou aumento crescente contínuo para o grupo AE. Comportamento esperado devido a característica do momento fisiológico onde o lactato começa a acumular-se iniciando a falha no mecanismo tampão pelo íon bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ) com conseqüente queda no pH fisiológico ( $<7,4$ ), essa queda do pH faz com que quimiorreceptores periféricos (corpos aórticos e carotídeos) e centrais estimulem a hiperventilação, eliminando maior quantidade de  $\text{CO}_2$  que é necessário afim de tentar manter o equilíbrio ácido-básico (MEYER et al., 2004; LOURENÇO et al., 2007).

Nossos achados diferiram dos achados de estudos anteriores no qual não apresentou alterações no comportamento da VE entre o 10 e o 20 min de exercício na intensidade próxima do PCR (MCLLELAN et al., 1989), indicando um possível estado estável, entretanto, a intensidade apresentada no estudo foi abaixo da intensidade identificada para o %PCR no  $VO_{2max}$  do nosso estudo 90,4% vs 85,5%  $VO_{2max}$  e valores de 0,98 vs 0,95 para RTR (MCLLELAN et al., 1989).

No grupo NA a FC apresentou comportamento de aumento crescente com diferenças estatísticas e grande efeito fisiológico avaliado pelo tamanho de efeito ( $g > 0,8$ ). O aumento da FC para o grupo NA durante o esforço na intensidade da vPCR pode ser explicado por uma possível redução do volume sistólico e aumento da frequência cardíaca causada pelo aumento da temperatura corporal e da possível desidratação, fenômeno conhecido como *drift* cardíaco.

O alto nível de desempenho pode contribuir para o atraso do *drift* cardíaco além de indicar que esses indivíduos suportam uma maior carga de esforço cardíaco, provavelmente por melhores adaptações morfológicas e hemodinâmicas (OLIVEIRA et al., 2011).

A intensidade da vPCR está altamente relacionada com a intensidade de exercício na MFEL e com a RTR = 1.00 (LETI et al., 2012), que pode ser uma estratégia para utilização da intensidade no domínio muito pesado de exercício, sem necessitar de vários dias de coletas de dados, além de não ser invasivo. Entretanto, no presente estudo esses resultados foram condizentes apenas para o grupo AE que apresentou valor médio de RTR= 0,98, o grupo NA apresentou valor médio de RTR= 0,93, o que não poderiam ser extrapolados para indivíduos com menor nível de desempenho cardiopulmonar, reduzindo a fidedignidade da prescrição a partir de valores de RTR nesse grupo. Esses achados podem não refletir a real RTR, sendo o  $CO_2$  adicional devido ao tamponamento dos íons  $H^+$  pelo  $HCO_3^-$ . Entretanto, PRIEST et al (1987) demonstraram aumento do  $VO_{2max}$ , em 8,1%, aumento na potência anaeróbia em 4,3%, redução na FC de repouso em 5,4% bem como aumento do desempenho em corridas de 15m, 600m, 3,22km e 10km, no exercício realizado na MFEL. Além disso, pode contribuir para melhora em enzimas glicolíticas e mitocondriais, aumento da atividade da enzima LDH e consequente aumento da tolerância ao lactato.

### 6.3 Limitações do estudo

A não realização do cálculo amostral para todas variáveis ventilatórias e metabólicas avaliadas com exceção do  $VO_2$ , entretanto não reduziu o poder das análises dos resultados, a partir da inclusão do tamanho de efeito (ES). Outra limitação foi a utilização apenas de variáveis ventilatórias, demonstrando uma importância e necessidade de análises metabólicas como as [Lac] sanguíneas e de íon  $HCO_3$  para acrescentar na confirmação do estado estável nessas intensidades. Entretanto, tais limitações não interferem de maneira negativa o presente estudo devido a caracterização do estado estável ser mais criteriosa utilizando dois parâmetros para  $vLAV$  e um parâmetro para  $vPCR$ , quando comparados com estudos anteriores que utilizaram apenas um critério.

## 7 Considerações Finais

Foi possível identificar estado estável a partir de variáveis ventilatórias e metabólica nas intensidades correspondentes ao limiar anaeróbio ventilatório (LAV) e no ponto de compensação respiratória (PCR) e esse fenômeno ocorreu independente do nível de desempenho físico. O exercício físico realizado em estado estável nessas intensidades pode ser utilizado como estratégia para prescrição do treinamento de corrida tanto em atletas de alto desempenho e não atletas. Sugere-se a aplicação das intensidades relativas ao PCR na prescrição do treinamento de corrida.

## REFERÊNCIAS

- ARAGÃO, J. Introdução aos estudos quantitativos utilizados em pesquisa científica. **Revista Práxis**, Volta Redonda, a. III, n. 6, 2011.
- ASCENÇÃO, A. A.; SANTOS, P.; MAGALHÃES, J.; OLIVEIRA, J.; MAIA, J.; SOARES, J. Concentrações sanguíneas de lactato durante uma carga constante a uma intensidade correspondente ao limiar aeróbio-anaeróbio em jovens atletas. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v.15, n.2, p. 186-194, 2001.
- AZEVEDO, P. H. S. M.; GARCIA, A.; DUARTE, J. M. P.; RISSATO, G. M.; CARRARA, V. K. P.; MARSON, R. A. Limiar Anaeróbio e Bioenergética: Uma abordagem didática. **Revista de Educação Física UEM**, Maringá, v. 20, n. 3, p. 453-464, 2009.
- BACON, A. P.; CARTER, R. E.; OGLE, E. A.; JOYNER, M. J.  $VO_2$ max trainability and high intensity interval training in humans: A meta-analysis. **Plos One**, California, v. 8, n.9, 2013.



BALADY, G.J.; ARENA, R.; SIETSEMA, K.; MEYERS, J.; COKE, L.; FLETCHER, G. F.; et al. Clinician's Guide to Cardiopulmonary Exercise Testing in Adults: A Scientific Statement From American Heart Association. **Circulation**, Dallas, v. 122, p. 191-225, 2010.

BARON, B.; NOAKES, T.D.; DEKERLE, J.; MOULLAN, F.; ROBIN, S.; MATRAN, R.; PELAYO, P.; Why does exercise terminate at the maximal steady state intensity? **British Journal of Sports Medicine**, Logborough, n. 42, p. 828-833, 2008.

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

BENEKE, RALPH. Methodological aspects of maximal lactate steady state implications for performance testing. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, v. 89, p. 95-99, 2003.

BILLAT, V.; SIRVENT, P.; LEPRETRE, P. M.; KORALZSTEIN, J. P. Training effect on performance, substrate balance and blood lactate concentration at maximal lactate steady state in master endurance-runners. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, p. 875-883, 2004.

BILLAT, V.; MORTON, R. H.; BLONDEL, N.; BERTHOIN, S.; et al. Oxygen Kinetics and modelling of time to exhaustion whilst running at various velocities at maximal oxygen uptake. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, v. 82, p. 178-187, 2000.

BOUCHARD, C.; SARZYNSKI, M. A.; RICE, T. K.; KRAUS, W. E.; CHURCH, T. S.; Genomic Predictors of the maximal O<sub>2</sub> uptake response to standardized exercise training programs. **Journal of Applied Physiology**, Washington, p. 1770-1776, 2011.

BURGOMASTER, K. A.; et al. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. **Journal of Physiology**, Bethesda, p. 151-60, 2008.

CALDWELL, M. D.; ZAUNER, C. W.; Oxygen uptake in well-trained athletes at various points in a distance run. **Journal of Sports Medicine**, London, n. 18, 1978.

CAIOZZO, V. J.; DAVIS, J. A.; ELLIS, J. F.; AZUS, J. L.; et.al. A comparison of gas exchange indices used to detect the anaerobic threshold. **Journal of Applied Physiology**, Washington, v. 53 n. 5 p. 1184-1189, 1982.

COSTILL, L. DAVID; Metabolic responses to distance running. **Journal of Applied Physiology**, Washington, v. 28, n. 3, 1970.

DI PRAMPERO, P. E. Factors limiting maximal performance in humans. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, p. 420-429, 2003.

FOXDAL, P.; SJODIN, A.; SJODIN, B. Comparison of blood lactate concentrations obtained during incremental and constant intensity exercise. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 17, n. 5, p. 360-365, 1996.

GARBER, C.E. et.al. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal e neuronal fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. **Medicine and Science in Sports Exercise**, Knoxville, v. 43, p. 1334-1359, 2011.

GASTIN, PAUL B. Energy System interaction and relative contribution during maximal exercise. **Sports Medicine**, Auckland, v.31, n.10, p. 725-741, 2001.

HAVERTY, M.; KENNEY, W.L.; HODGSON, J.L. Lactate and gas exchange responses to incremental and steady state running. **British Journal of Sports Medicine**, Loughborough, v. 22, n. 2, p. 51-54, 1988.

HILL, A.V.; LUPTON, H. Muscular exercise, latic acid, and the supply and utilization of oxygen. **QJM An International Journal of Medicine**, Oxford, n. 16, p. 135-71, 1923.

HOWLEY, E. T.; BASSET, D. R.; WELCH, H.G.; Criteria for maximal oxygen uptake: Review and commentary. **Medicine and Science in Sports Exercise**, Knoxville, v. 27, n. 9, p. 1292-1301, 1995.

KAY, J.D.S; PETERSEN, E.S; CHRISTENSEN, H.V. Breathing in man during steady-state exercise on the bicycling at two pedaling frequencies and during treadmill walking. **Journal of Physiology**, Bethesda, v. 251, p. 645-656, 1974.

LAKENS, DANIEL. Calculating and reporting effects size to facilitate cumulative science:a practical primer for t-tests and ANOVAs. **Frontiers in Psychology**, Lausanne, v. 4, n. 863, 2013.

LETI, T.; MENDELSON, M.; LAPLAUD, D.; FLORE, P. Prediction of Maximal Lactate Steady State in runners with an incremental on the field. **Journal of Sports Science**, Baltimore, v. 30, n. 6 p. 609-616, 2012.

LIANG, H.; WARD, W. F. PGC1- $\alpha$ : A key regulator of energy metabolism. **Advances in Physiology Education**, Bethesda, v. 30, n. 4, p. 145-151, 2006.

LOURENÇO T. F. Interpretação Metabólica Dos Parâmetros Ventilatórios Obtidos Durante um Teste de Esforço Máximo e Sua Aplicabilidade no Esporte. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, Florianópolis, n. 9, p. 303-310, 2007

McARDLE W.D., KATCH, F.I., KATCH, V.L. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

MEYER, T.; FAUDE, O.; SCHARHARG, J. *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.

MCLELLAN, T. M.; GASS, G.C.; Metabolic and cardiorespiratory responses relative to anaerobic threshold. **Medicine and Science in Sports Exercise**, Knoxville, v. 21, n. 2, p. 191-198, 1998.

NOAKES, T. D.; GIBSON, A. S. C.; LAMBERT, E. V. From catastrophe to complexity: a novel model of integrative central neural regulation of effort and fatigue during exercise in humans: summary and conclusions. **British Journal of Sports Medicine**, Loughborough, v. 39, p. 120-124, 2004.

OHIRA, Y; TABATA, I. Muscle Metabolism During Exercise: Anaerobic Threshold Does Not Exist. **Annals Physiological Anthropology**, Tokyo, v. 3, n. 11, p. 319-323, 1992

OLIVEIRA, C. R.C.; PIRES, F. O.; BERTUZZI, R. C. M.; et al. Cinética da frequência cardíaca nos domínios muito pesado e severo após manipulação dietética. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, Florianópolis, v. 13, n. 1, p. 52-58, 2011.

PIRES, F. O.; LIMA-SILVA, A. E.; KOKUBUN, E.; KISS, M. A. P. D. M. Modelo de equilíbrio dinâmico: breve revisão da sua origem, implicações e novas perspectivas. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 547-55, 2011.

PRIEST, J.W; HAGAN, R.D. The effects of maximum steady state pace training on running performance. **British Journal of Sports Medicine**, London, v. 21, n. 1, p. 18-21, 1987.

POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. **Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho**. 8. ed. São Paulo: Manole, 2014.

RIBEIRO, J. P.; HUGHES, V.; FIELDING, R.A.; HOLDEN. W.; EVANS. W.; KNUTTGEN, H. G. Metabolic and ventilatory responses to steady state exercise relative to lactate thresholds. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, n. 55, p. 215-221, 1986.

RIVERA-BROWN, A.M.; FRONTERA, W.R. Principles of Exercise Physiology: Responses to acute and Long-term Adaptations to Training. **American Academy of Physical and Medical Rehabilitation**, Rosemont, v. 4, p. 797-804, 2012.

RODRIGUES, J. A. L; PEREZ, A. J; LUNZ, W. MILL, J. G; CARLETTI, L. Transição metabólica no teste progressivo de pessoas treinadas com musculação e corrida. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v.21, n.4, p.279-283, 2015.

SEILER, K. S; KJERLAND, G. O. Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an optimal distribution? **Scandinavian Journal Medicine in Science Sports**, Copenhagen, n. 16, p. 49-56, 2006.

THOMAS, C; BISHOP, D.J; LAMBERT, K; MERCIER, J.; BROOKS, G.A. Effects of chronic exercise on sarlemmal MCT1 e MCT4 contents in human skeletal muscles: current status. **American Journal of Physiology**, Bethesda, v. 302, n. 1, p. 1-14. 2012.

TANAKA, KIYOJI. Cardiorespiratory and lactate responses to a 1-hour submaximal running at the lactate threshold. **Annals of Physiological Anthropology**, Tokyo, v. 10, n. 3, p. 155 - 162, 1991.

XU, F.; RHODES, E. C.; Oxygen uptake kinetics during exercise. **Sports Medicine**, Auckland, v. 27, n. 5, p. 313-327, 1999.

WASSERMAN, K.; HANSEN, J. E.; SUE, D. Y.; CASABURI, R.; WHIPP, B. J. **Prova de Esforço: Princípios e Interpretação**. Rio de Janeiro: Revinter, 3. ed. 2005. 555p.