

**KAMILLA BOLONHA GOMES**

**ESTUDO DO LIMIAR ANAERÓBICO VENTILATÓRIO EM ADOLESCENTES COM PESO NORMAL E EXCESSO DE PESO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física, área de concentração Educação Física, Movimento Corporal Humano e Saúde, Centro de Educação Física e Desportos da Universidade Federal do Espírito Santo, para a obtenção do título de Mestre em Educação Física.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Luciana Carletti  
Coorientador: Prof. Dr. Anselmo José Perez

**VITÓRIA  
2012**

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

---

G633e Gomes, Kamilla Bolonha, 1980-  
Estudo do limiar anaeróbico ventilatório em adolescentes com peso normal e excesso de peso / Kamilla Bolonha Gomes . – 2012.  
58 f. : il.

Orientadora: Luciana Carletti.

Coorientador: Anselmo José Perez.

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

1. Adolescentes. 2. Obesidade. 3. Aptidão física. 4. Limiar anaeróbico. I. Carletti, Luciana. II. Perez, Anselmo José. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Educação Física e Desportos. IV. Título.

CDU: 796

---

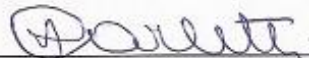
**KAMILLA BOLONHA GOMES**

**ESTUDO DO LIMIAR ANAERÓBICO VENTILATÓRIO EM ADOLESCENTES COM PESO NORMAL E EXCESSO DE PESO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física, área de concentração Educação Física, Movimento Corporal Humano e Saúde, Centro de Educação Física e Desportos da, para a obtenção do título de Mestre em Educação Física.

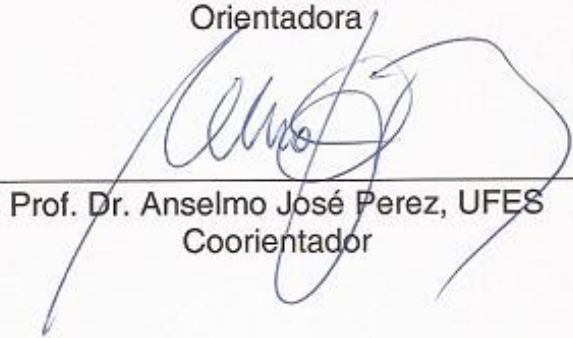
Aprovação: 16 de março de 2012.

Comissão Examinadora:



---

Prof.ª Dra. Luciana Carletti, UFES  
Orientadora



---

Prof. Dr. Anselmo José Perez, UFES  
Coorientador



---

Prof.ª Dra. Maria Urbana P. B. Rondon, USP

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por iluminar meu caminho.

À minha família, pelo amor, pela compreensão e pelo carinho que sempre se fizeram presentes na minha vida.

À minha orientadora Luciana Carletti, pela oportunidade, confiança e amizade.

Ao meu coorientador Anselmo José Perez, obrigada por tudo.

À professora Maria Urbana P. B. Rondon, pelas valiosas contribuições que auxiliaram na melhoria deste trabalho, aceitando o convite de participação na banca examinadora desta dissertação.

Às minhas amigas Bianca, Paulinha, Gisela, Karen, Juliana e Gisely que, de um jeito ou de outro, estiveram sempre por perto. Obrigada pela compreensão, pelo carinho e pela amizade.

À equipe do LAFEX, pelo acolhimento, pela colaboração e atenção.

À FAPES, pela concessão da bolsa que contribuiu para a realização deste trabalho.

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi identificar e comparar os valores das variáveis cardiorrespiratórias no limiar anaeróbico ventilatório (LAV) de adolescentes de ambos os gêneros com peso normal, sobrepeso e obesidade. Participaram do estudo 311 adolescentes com idade entre 10 e 14 anos, sendo 163 meninas e 148 meninos, estudantes do município de Vitória/ES. Foram mensurados peso corporal e estatura para cálculo do índice de massa corporal (IMC). A partir da classificação pelo IMC, pelos critérios da Organização Mundial da Saúde (2007), os adolescentes foram divididos em grupos: peso normal (GPN), sobrepeso (GS) e obesidade (GO). Os mesmos foram submetidos a um eletrocardiograma de repouso, e em seguida realizaram o teste de esforço cardiopulmonar em esteira ergométrica (Inbrasport Super ATL), utilizando o ergoespirômetro MedGraphics Corporation (MGC) e realizando o protocolo de rampa, que consiste em aumento progressivo da velocidade e da inclinação da esteira. O LAV foi identificado pelo método V-slope e/ou pelo equivalente ventilatório de oxigênio ( $VE/VO_2$ ). Para avaliar a aptidão cardiorrespiratória no LAV foram analisadas as seguintes variáveis: o consumo de oxigênio ( $VO_2$  L.min<sup>-1</sup> e ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>), produção de dióxido de carbono ( $VCO_2$  L.min<sup>-1</sup>), razão de troca respiratória (RTR), ventilação minuto ( $VE$  L.min<sup>-1</sup>), frequência cardíaca (FC bpm),  $VE/VO_2$ , equivalente ventilatório de dióxido de carbono ( $VE/VCO_2$ ), percentuais do consumo máximo de  $O_2$  ( $\%VO_{2m\acute{a}x}$  LAV) e da FC máxima ( $\%FC_{m\acute{a}x}$  LAV), e velocidade (km/h). Para análise estatística foi realizada a ANOVA de uma via para as comparações das variáveis cardiorrespiratórias e da variável relacionada à carga de trabalho entre as três classificações do IMC e nas classificações do IMC em cada gênero; e teste *t* de Student para as comparações entre os gêneros, considerando  $p < 0,05$  para significância estatística. Os principais resultados foram: o  $VO_{2LAV}$  (ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) foi maior para o GPN quando comparados ao GS e ao GO (20,0 ±7,3; 16,5 ±5,9 e 13,6 ±3,2, respectivamente); não houve diferença estatística entre GS e GO para  $VO_{2LAV}$  (ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>), bem como entre GPN, GS e GO para  $FC_{LAV}$ ,  $FC_{m\acute{a}x}$ ,  $\%FC_{m\acute{a}x}$  LAV,  $RTR_{LAV}$  e  $VE_{LAV}$ ; na comparação entre os gêneros, os meninos do GPN obtiveram maiores médias para  $VO_{2LAV}$  (L.min<sup>-1</sup> e ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>),  $VCO_{2LAV}$  (L.min<sup>-1</sup>),  $RTR_{LAV}$ ,  $VE_{LAV}$  (L.min<sup>-1</sup>), e velocidade (km/h) do que as meninas do mesmo grupo; não houve diferença estatística entre os gêneros no GS, exceto para  $VO_{2m\acute{a}x}$  (maior nos meninos do que nas meninas), e no GO, exceto para o  $\%FC_{m\acute{a}x}$  LAV (maior nas meninas do que nos meninos). É possível concluir que adolescentes com excesso de peso apresentaram a aptidão cardiorrespiratória prejudicada (nível submáximo) quando comparados aos adolescentes com peso normal. Os adolescentes com sobrepeso se assemelharam aos obesos, em termos de respostas cardiorrespiratórias no LAV, mostrando que os primeiros apresentaram uma aptidão cardiorrespiratória tão baixa quanto os últimos. Meninos e meninas com excesso de peso não apresentaram diferenças nas respostas cardiorrespiratórias no LAV, sinalizando para a diminuição das diferenças entre gêneros nessa faixa etária, normalmente encontradas nos adolescentes com peso normal devido ao processo de crescimento e estado maturacional.

**Palavras-chave:** limiar anaeróbico; adolescente; obesidade; aptidão física.

## ABSTRACT

The aim of this study was to identify and compare the values of cardiorespiratory variables at ventilatory anaerobic threshold (VAT) of adolescents of both genders with normal weight, overweight and obesity. The participants were 311 adolescents aged among 10 and 14 years (163 girls and 148 boys), students in the municipality of Vitória/ES. We measured body weight and height to calculate body mass index (BMI). From the classification by BMI, the criteria of the World Health Organization (2007), adolescents were divided into groups: normal weight (NWG), overweight (OWG) and obesity (OG). They underwent a resting electrocardiogram, and then performed the cardiopulmonary exercise test on a treadmill (Inbrasport Super ATL) using ergospirometer MedGraphics Corporation (MGC) and performing the ramp protocol, consisting in a progressive increase speed and incline of the treadmill. The VAT was identified by the V-slope method and/or the ventilatory equivalent of oxygen ( $VE/VO_2$ ). To assess cardiorespiratory fitness in VAT the following variables were analyzed: oxygen consumption ( $VO_2$  L.min<sup>-1</sup> and ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>), carbon dioxide production ( $VCO_2$  L.min<sup>-1</sup>), respiratory exchange ratio (RER), minute ventilation ( $VE$  L.min<sup>-1</sup>), heart rate (HR beats.min<sup>-1</sup>),  $VE/VO_2$ , ventilatory equivalent for carbon dioxide ( $VE/VCO_2$ ), percentage of maximal  $O_2$  ( $\%VO_{2max\ VAT}$ ) and maximal HR ( $\%HR_{max\ VAT}$ ) and speed (km/h). Statistical analysis was performed one-way ANOVA for comparisons of cardiorespiratory variables and the variable related to the workload between the three BMI classifications and classifications of BMI in each gender; Student's *t* test for comparisons between genders considering  $p < 0.05$  for statistical significance. The main results were:  $VO_{2\ VAT}$  (ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) was higher for NWG compared to OWG and OG (20.0 ±7.3; 16.5 ±5.9 and 13, 6 ±3.2, respectively), there was no statistical difference between OWG and OG for  $VO_{2\ VAT}$  (ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>), there was no statistical difference between groups for  $FC_{VAT}$ ,  $HR_{max}$ ,  $\%HR_{max}$ ,  $RTR_{VAT}$  and  $Vel_{VAT}$ ; when comparing gender, the boys had the highest averages for NWG  $VO_{2\ VAT}$  (L.min<sup>-1</sup> and ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>),  $VCO_{2\ VAT}$  (L.min<sup>-1</sup>),  $RTR_{VAT}$ ,  $VE_{VAT}$  (L.min<sup>-1</sup>) and speed (km/h) than girls the same group, there was no statistical difference between genders in OWG, except for  $VO_{2max}$  (higher in boys than in girls), and OG, except for  $\%HR_{max\ VAT}$  (higher in girls than in boys). It can be concluded from this study that overweight adolescents had impaired cardiorespiratory fitness (submaximal level) compared to normal weight adolescents. The overweight adolescents are similar to obese, cardiorespiratory responses in terms of the VAT, showing that the former present a cardiorespiratory fitness as low as the last. Boys and girls with overweight showed no differences in cardiorespiratory responses in LAV, signaling the reduction of gender differences in this age group, usually found in adolescents with normal weight due to the process of growth and maturational status.

**Keywords:** anaerobic threshold; adolescent; obesity; physical fitness.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Identificação do limiar anaeróbico ventilatório de uma adolescente utilizando o método V-slope.....	27
<b>Figura 2</b> – Identificação do limiar anaeróbico ventilatório de um adolescente utilizando o equivalente ventilatório de oxigênio ( $VE/VO_2$ ), plotado sobre o tempo do teste de esforço máximo.....	27
<b>Figura 3</b> – Modelo esquemático da aplicação dos testes estatísticos.....	29
<b>Figura 4</b> – Frequência relativa dos grupos estudados.....	30
<b>Figura 5</b> – Valores médios do consumo de oxigênio no LAV ( $VO_{2\text{ LAV}}$ ) e máximo ( $VO_{2\text{ máx}}$ ) do teste cardiopulmonar.....	33
<b>Figura 6</b> - Comparação dos valores médios do consumo de oxigênio no LAV ( $VO_{2\text{ LAV}}$ ) de meninas e meninos nos grupos estudados.....	37

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Características antropométricas dos grupos estudados.....	31
<b>Tabela 2</b> – Valores das variáveis cardiorrespiratórias e carga de trabalho dos grupos estudados.....	32
<b>Tabela 3</b> – Características antropométricas dos grupos estudados separados por gênero.....	34
<b>Tabela 4</b> – Valores das variáveis cardiorrespiratórias e carga de trabalho dos grupos estudados separados por gênero.....	35

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>%FC<sub>máx LAV</sub></b>	Percentual da frequência cardíaca máxima no LAV
<b>%VO<sub>2máx LAV</sub></b>	Percentual do consumo máximo de oxigênio no LAV
<b>bpm</b>	Batimentos por minuto
<b>cm</b>	Centímetros
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de carbono
<b>FC</b>	Frequência cardíaca
<b>FC<sub>LAV</sub></b>	Frequência cardíaca no limiar anaeróbico ventilatório
<b>FC<sub>máx</sub></b>	Frequência cardíaca máxima
<b>g</b>	Gramas
<b>GO</b>	Grupo obesidade
<b>GPN</b>	Grupo peso normal
<b>GS</b>	Grupo sobrepeso
<b>H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></b>	Ácido carbônico
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>	Índice de massa corporal (quilograma dividido por metro elevado ao quadrado)
<b>kg</b>	Quilograma
<b>km/h</b>	Quilômetro por hora
<b>L.min<sup>-1</sup></b>	Litro por minuto
<b>LAV</b>	Limiar anaeróbico ventilatório
<b>m</b>	Metro
<b>ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup></b>	Mililitro por quilograma e por minuto
<b>ml.min<sup>-1</sup></b>	Mililitro por minuto
<b>n</b>	Tamanho da amostra
<b>O<sub>2</sub></b>	Oxigênio
<b>p</b>	Nível de significância estatística
<b>RTR</b>	Razão de troca respiratória
<b>RTR<sub>LAV</sub></b>	Razão de troca respiratória no LAV
<b>VCO<sub>2</sub></b>	Produção de dióxido de carbono
<b>VE</b>	Ventilação por minuto
<b>VE/VCO<sub>2</sub></b>	Equivalente ventilatório de CO <sub>2</sub>

<b><math>VE/CO_{2\text{ LAV}}</math></b>	Equivalente ventilatório de $CO_2$ no LAV
<b><math>VE/VO_2</math></b>	Equivalente ventilatório de $O_2$
<b><math>VE/VO_{2\text{ LAV}}</math></b>	Equivalente ventilatório de $O_2$ no LAV
<b><math>Vel_{\text{LAV}}</math></b>	Velocidade no LAV
<b><math>VO_2</math></b>	Consumo de oxigênio
<b><math>VO_{2\text{ LAV}}</math></b>	Consumo de oxigênio no LAV
<b><math>VO_{2\text{máx}}</math></b>	Consumo máximo de oxigênio
<b><math>VO_{2\text{pico}}</math></b>	Consumo de oxigênio mais elevado durante um teste de esforço máximo
<b><i>vs</i></b>	<i>Versus</i>

## LISTA DE TERMOS

**Adolescência:** período compreendido entre 10 e 19 anos, de acordo com a Organização Mundial da Saúde.

**Aptidão cardiorrespiratória:** é definida como a capacidade máxima que o organismo tem para fornecer, transportar e utilizar oxigênio para produção de energia durante o esforço físico.

**Breath by breath:** coleta e análise dos gases feita respiração por respiração durante um teste de esforço cardiopulmonar.

**Carga de trabalho:** corresponde à velocidade (km/h) e inclinação da esteira (graus) durante o teste cardiopulmonar; neste estudo, analisamos apenas a velocidade.

**Eficiência ventilatória:** é definida como a adequação da ventilação e da perfusão nos pulmões, mensurada pelo  $VE/VCO_2$ .

**Excesso de peso:** são todos aqueles que estão acima do peso considerado normal, ou seja, àqueles com sobrepeso e/ou obesidade.

**Limiar anaeróbico ventilatório:** parâmetro da resposta metabólica relacionada ao aumento progressivo da carga de trabalho, onde há um desequilíbrio entre o  $VO_2$  e a  $VCO_2$ .

**Método V-slope:** método de identificação do LAV a partir da relação entre  $VCO_2$  e  $VO_2$ , cujo ponto de quebra da linearidade da inclinação indica o início da acidose láctica.

**Obesidade:** de acordo com a Organização Mundial da Saúde, é o indivíduo que está acima do sobrepeso, isto é, acima do percentil 97 do IMC para idade e gênero, sendo classificado como obeso.

**Peso normal:** de acordo com a Organização Mundial da Saúde, é o indivíduo classificado dentro da faixa de normalidade de peso: abaixo do percentil 85 do IMC para idade e gênero.

**Sobrepeso:** de acordo com a Organização Mundial da Saúde, é o indivíduo que está acima do peso normal e abaixo do percentil para obesidade, ou seja, entre o percentil 85 e o percentil 97 do IMC para idade e gênero.