

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Aptidão cardiorrespiratória na adolescência.....	14
1.1.1 Aptidão cardiorrespiratória e excesso de peso na adolescência.....	16
2 OBJETIVOS.....	21
2.1 Objetivo geral.....	21
2.2 Objetivos específicos.....	21
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
3.1 Tipo de estudo.....	22
3.2 Amostra.....	22
3.3 Medidas antropométricas e divisão dos grupos.....	23
3.4 Protocolo do teste de esforço cardiopulmonar.....	24
3.5 Coleta e análise dos gases.....	25
3.6 Identificação do Limiar Anaeróbico Ventilatório – LAV.....	26
3.7 Variáveis analisadas do teste cardiopulmonar.....	28
3.8 Análise estatística.....	28
4 RESULTADOS.....	30
5 DISCUSSÃO.....	38
6 CONCLUSÃO.....	49
REFERÊNCIAS.....	51
ANEXOS.....	56
Anexo A – Cálculo de comparação de médias.....	56
Anexo B – Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa.....	57
Anexo C – Carta de Envio do Artigo.....	58

1 INTRODUÇÃO

A obesidade é considerada um problema de saúde pública, assumindo um caráter epidemiológico global em todas as faixas etárias (WHO, 2005).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2005), os Estados Unidos possuía mais de um quarto dos adolescentes com idade entre 10 e 16 anos acima do peso. Na China, mais de 20% das crianças e adolescentes entre 7 e 17 anos apresentavam sobrepeso ou obesidade. No mundo, cerca de 22 milhões de crianças menores de cinco anos estavam obesas, sendo particularmente comuns na América do Norte, no Reino Unido e sudoeste da Europa. Em 2010 esse número chegou a quase 43 milhões (WHO, 2011).

No Brasil, a frequência do excesso de peso, que vinha aumentando modestamente até o final da década de 1980, praticamente triplicou nos últimos 20 anos, onde o excesso de peso foi diagnosticado em cerca de um quinto dos adolescentes (entre 10 e 19 anos), e a obesidade correspondeu a cerca de um quarto do total de casos de excesso de peso (IBGE, 2010), isto é, aqueles indivíduos que se encontram na categoria de sobrepeso e obesidade, de acordo com a classificação pelo Índice de Massa Corporal (IMC) para idade e sexo proposto pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 2007).

Sabe-se que crianças e adolescentes obesos têm maiores chances de se tornarem obesos na idade adulta (SERDULA, *et al.*, 1993), o que pode contribuir com o aumento da população adulta com excesso de peso. Nesse sentido, um levantamento feito com a população adulta brasileira com idade igual ou superior a 18 anos pela Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico (VIGITEL) mostrou que a frequência do excesso de peso foi de 46,6%, sendo maior entre homens (51,0%) do que entre mulheres (42,3%). Em ambos os sexos, essa condição tende a aumentar com a idade. Já a frequência de adultos obesos foi de 13,9% (BRASIL, 2010).

O processo de crescimento e desenvolvimento econômico das sociedades traz elementos, como a diminuição da atividade física, o aumento da ingestão

calórica, os distúrbios na dinâmica familiar, os avanços tecnológicos e o uso de tecnologias de informação e comunicação (ESCRIVÃO, *et al.*, 2000; FRUTUOSO, *et al.*, 2003; KAUTIAINEN, *et al.*, 2005), que podem contribuir para o sobrepeso, a obesidade e complicações associadas, principalmente entre crianças e adolescentes. No estudo de Cobayashi *et al.* (2010), os autores mostraram que os fatores de risco para doenças cardiovasculares, como baixos níveis séricos de colesterol-HDL, altos níveis de triglicérides, insulina basal alterada e a presença de pré-hipertensão ou hipertensão arterial estão fortemente associados ao excesso de peso. Nesse sentido, hoje, o excesso de tecido adiposo é considerado uma fisiopatologia e um dos principais fatores no desenvolvimento de Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNTs) (BRASIL, 2010).

A adolescência é considerada um período crítico no desenvolvimento da obesidade, uma vez que nessa fase há estímulos fisiológicos para a hiperplasia de adipócitos (MALINA, BOUCHARD, 2002), que quando somados a um balanço energético positivo podem contribuir para estabelecer o quadro de obesidade entre adolescentes ou agravar o risco de desenvolvê-la na vida adulta (DIETZ, 1998).

Assim, diante do perfil epidemiológico apresentado, este trabalho visa estudar adolescentes e a relação do excesso de peso e aptidão cardiorrespiratória dessa população a fim de ajudar a elucidar as respostas aos parâmetros fisiológicos decorrentes no exercício físico aeróbico máximo e submáximo, podendo auxiliar a prescrição de exercícios em intensidades mais apropriadas para adolescentes.

1.1 Aptidão cardiorrespiratória na adolescência

A aptidão aeróbica ou cardiorrespiratória pode ser definida como a capacidade máxima que pulmões, coração e sangue têm para fornecer e transportar oxigênio, e os tecidos e órgãos de extrair e utilizá-lo para produção de energia durante o esforço físico, o que depende da interação das respostas fisiológicas dos sistemas cardiovascular e respiratório (WASSERMAN, *et al.*, 2005; O'DONOVAN, *et al.*, 2010).

A aptidão cardiorrespiratória pode ser avaliada a partir do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$ ou VO_{2pico}), sendo uma das capacidades do sistema cardiorrespiratório mais estudada nos últimos anos, e amplamente reconhecido como o melhor índice para avaliar a aptidão aeróbica, tanto em adultos (ASTRAND, RODAHL, 1986), como em crianças e adolescentes (ARMSTRONG, WELSMAN, 2001; GUERRERO, *et al.*, 2008; CHINTALA, *et al.*, 2008).

Para análise e interpretação das variáveis do sistema cardiorrespiratório tem-se realizado testes de esforço físico com carga progressiva, com mensuração das trocas gasosas, seja em esteira ou em cicloergômetro. Um estudo de Myers e Bellin (2000) mostra que o teste de rampa, com aumento constante e contínuo da carga de trabalho (seja em velocidade e/ou em graus na esteira, ou a resistência no cicloergômetro) é vantajoso quando comparado a testes tradicionais, pois é melhor para medir o consumo de oxigênio, em avaliações de respostas máximas ou submáximas do exercício, como o limiar anaeróbico ventilatório (LAV).

No período da infância, há um aumento progressivo dos componentes do sistema que determinam o $VO_{2máx}$ (pulmões, coração, músculo), e conseqüentemente, um aumento nos valores absolutos de potência aeróbica máxima (ROWLAND, 2008, p. 90). Na adolescência, os valores de $VO_{2máx}$ permanecem constantes nos meninos entre 10 e 18 anos ($49 - 50 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$), enquanto que nas meninas o $VO_{2máx}$ declina de maneira progressiva (de 45 a $39 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) nessa mesma faixa etária (ARMSTRONG, WELSMAN, 1994), o que pode ser explicado por uma maior concentração de hemoglobina e maior massa muscular presente nos meninos quando comparados com as meninas (ARMSTRONG, WELSMAN, 2001).

O LAV, por sua vez, é um parâmetro da resposta metabólica relacionada ao aumento progressivo da carga de trabalho, onde há um desequilíbrio entre o consumo de oxigênio (VO_2) e a produção de dióxido de carbono (VCO_2). Esse desequilíbrio está relacionado a um aumento desproporcional na produção de dióxido de carbono (CO_2) em relação ao consumo de oxigênio (O_2), e a principal causa é a produção extra de CO_2 , conhecida como CO_2 não metabólico advindo da dissociação do ácido carbônico (H_2CO_3), formado a partir do tamponamento do

ácido láctico pelo bicarbonato sanguíneo, que se soma ao CO₂ produzido no ciclo de Krebs na via aeróbica (LOURENÇO, *et al.*, 2007).

Com o desenvolvimento do método de análise da cinética das trocas gasosas utilizando o teste cardiopulmonar com carga progressiva, é possível mensurar o LAV de forma não-invasiva. Isso permite o maior desenvolvimento de pesquisas relacionadas com a aptidão cardiorrespiratória, principalmente em crianças e adolescentes.

Segundo Armstrong e Welsman (2001), durante o crescimento e a maturação, o VO_{2pico} está correlacionado com o tamanho do corpo, e é independente da idade cronológica, maturação e sexo, sendo o tamanho corporal considerado uma variável de confusão. Assim, provavelmente o tamanho corporal influenciaria também os valores no exercício submáximo.

Nesse sentido, Reybrouck *et al.* (1985) estudaram a correlação entre LAV e o VO_{2máx} e os principais efeitos da idade, gênero e nível habitual de atividade física no LAV, em crianças e adolescentes saudáveis, na faixa etária entre 5,7 e 18,5 anos, por meio do teste cardiopulmonar em esteira. O VO_{2 LAV} foi determinado pelo equivalente ventilatório de O₂ (VE/VO₂) e/ou pelo aumento excessivo da razão de troca respiratória (RTR). Os autores encontraram que o gênero e a idade influenciavam significativamente no VO_{2máx} (ml.kg⁻¹.min⁻¹) e no VO_{2 LAV} (ml.kg⁻¹.min⁻¹), mas não o percentual do VO_{2máx} no LAV (%VO_{2máx LAV}). Nos meninos a idade influenciou significativamente no VO_{2máx}, VO_{2 LAV} e %VO_{2máx LAV}, enquanto que nas meninas a idade influenciou significativamente no VO_{2 LAV} e no %VO_{2máx LAV}, mas não no VO_{2máx}. A conclusão desse estudo é que existe uma diminuição significativa do VO_{2LAV} ou do %VO_{2máx LAV} com o aumento da idade.

1.1.1 Aptidão cardiorrespiratória e excesso de peso na adolescência

A influência do excesso de peso, especificamente o excesso de gordura corporal, nos níveis de capacidade cardiorrespiratória e tolerância ao exercício físico tem sido bastante estudada (NORMAN, *et al.* 2005; PRADO, *et al.* 2009;

SALVADEGO, *et al.* 2010). As variáveis de estudo comumente encontradas no esforço máximo são VO_2 ($\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ e $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), frequência cardíaca (FC) e RTR. Já no esforço submáximo do teste com exercício progressivo, são encontradas como variáveis de estudo o VO_2 ($\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ e $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), a FC e o $\% \text{VO}_{2\text{máx}}$, como indicadores de aptidão cardiorrespiratória, e o equivalente ventilatório de CO_2 (VE/VCO_2), como indicador de eficiência ventilatória (MARINOV, *et al.*, 2002).

Sabe-se que o excesso de peso pode interferir no VO_2 ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) e conseqüentemente na aptidão física e na capacidade cardiorrespiratória. Logo, com o aumento da massa de gordura corporal espera-se uma redução no $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) (LOFTIN, *et al.*, 2001). Dessa forma, ao analisar indivíduos obesos, sejam adultos (SALVADORI, *et al.*, 1999), ou crianças e adolescentes (ZANCONATO, *et al.*, 1989; LOFTIN, *et al.*, 2001; NORMAN, *et al.*, 2005; PRADO, *et al.*, 2009), encontram-se valores de aptidão cardiorrespiratória mais baixos quando comparados aos indivíduos com peso normal.

Um estudo realizado por Zanconato *et al.* (1989) mostrou que o $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) e o LAV ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) foram significativamente menores nos obesos do que nos não obesos, mas não havendo diferenças significativas entres os grupos para valores absolutos do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$) e para $\% \text{VO}_{2\text{máx}}$, concluindo que a aptidão física de crianças e adolescentes com excesso de peso é quantitativamente reduzida e pode ser avaliada pelo LAV.

Segundo Wasserman *et al.* (2005, p. 148), mesmo que um indivíduo com excesso de peso possa apresentar um valor dentro dos parâmetros de normalidade para o $\text{VO}_{2\text{pico}}$, isto não significa que ele seja capaz de realizar a mesma quantidade de trabalho externo que uma pessoa com peso normal da mesma altura, idade e gênero. Dessa forma, o indivíduo com excesso de peso apresenta menor economia de esforço, e por isso necessita de maior proporção do VO_2 para mover as pernas e o corpo mais pesados, e assim, uma menor quantidade de O_2 estará disponível para realização do trabalho externo.

Nesse sentido, Norman *et al.* (2005) mostraram que parte da intolerância ao exercício observada nos adolescentes obesos parece estar relacionada com

a crescente demanda metabólica do movimento do excesso de massa corporal durante um exercício sustentado.

Além da maior proporção de O_2 para movimentar-se, o indivíduo com excesso de peso ainda possui uma maior massa adicionada sobre a parede torácica e uma pressão aumentada sobre o abdômen, provocando um trabalho ventilatório aumentado (WASSERMAN, *et al.*, 2005, p. 96).

O excesso de peso pode comprometer também a função ventilatória de crianças e adolescentes, refletindo um aumento no trabalho ventilatório, e conseqüentemente uma eficiência ventilatória diminuída. Segundo Marinov *et al.* (2002), o VE/VCO_2 define a eficiência ventilatória, pois reflete a adequação da ventilação (VE) e perfusão nos pulmões, podendo ser examinada em determinados pontos do exercício, como no LAV, ou expressa como a inclinação da relação entre VE e VCO_2 durante um teste de esforço máximo. O maior VE/VCO_2 implica uma maior exigência de ventilação para eliminação de CO_2 produzido pelo metabolismo aeróbio.

Assim, Marinov *et al.* (2002) compararam a eficiência ventilatória no LAV de crianças e adolescentes obesos e não obesos, de ambos os gêneros, e mesmo encontrando valores menores para o VO_2 no LAV ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) e para a duração do exercício no grupo obeso, as diferenças nos equivalentes ventilatórios para o O_2 e CO_2 (VE/VO_2 , VE/VCO_2 no LAV) em ambos os grupos não foram significativas, concluindo que mesmo não encontrando diferenças entre os grupos para a eficiência ventilatória no LAV, tanto os valores da VE quanto do VCO_2 no grupo obeso atingem níveis significativamente mais elevados do que no grupo não obeso.

Já no estudo realizado por Prado *et al.* (2009), os resultados encontrados foram diferentes daqueles encontrados no estudo de Marinov *et al.* (2002). Prado *et al.* (2009) mostraram que crianças e adolescentes obesos apresentam menor eficiência ventilatória (maiores valores de VE/VCO_2), menores valores para $VO_{2máx}$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$), tempo de exercício no LAV e tempo de exercício total quando comparados com crianças e adolescentes com peso normal. Porém, após as intervenções com dieta e exercício físico no grupo obeso, verificou-se melhoras na

eficiência ventilatória (menores valores para VE/VCO_2), assim como uma melhoria nas variáveis citadas anteriormente. Os autores concluíram que uma menor eficiência ventilatória observada em crianças e adolescentes obesos pode não ser exclusivamente atribuída ao excesso do peso corporal, mas poderia ser fortemente relacionada à baixa aptidão cardiorrespiratória tipicamente associada à obesidade.

Diante do exposto, é possível observar que mesmo havendo resultados contraditórios em termos de valores, é concordante que adolescentes com excesso de peso podem apresentar uma menor eficiência ventilatória que àqueles com peso normal. É possível observar também que o exercício físico, mesmo não promovendo uma perda de peso considerável para que o indivíduo deixe de ser obeso, é capaz de melhorar sua eficiência ventilatória, e conseqüentemente sua aptidão cardiorrespiratória (PRADO, *et al.*, 2009).

Na literatura alguns estudos têm mostrado que o VO_2 no LAV se correlaciona bem com o $VO_{2máx}$ em crianças e adolescentes, e que tem sido utilizado como um parâmetro de avaliação da aptidão cardiorrespiratória do exercício submáximo nessa população (COOPER, *et al.*, 1984; WASHINGTON, 2000; AL-HAZZAA, 2001). O LAV é também sugerido para utilização em populações com excesso de peso, pois além de ser um método não-invasivo das alterações ácido-básico mensuradas pelas trocas gasosas durante o exercício, não requer um teste máximo, sendo importante para indivíduos com alguma intolerância ao exercício (REYBROUCK, *et al.*, 1985; ZANCONATO, *et al.*, 1989; WASHINGTON, 2000).

A determinação do LAV pode ser feita por indicadores como o equivalente ventilatório de O_2 (VE/VO_2) e a razão de troca respiratória (RTR), plotados sobre o tempo de exercício, e pelo método V-slope (BEAVER, *et al.*, 1986), que consiste no ponto de quebra da linearidade do aumento da produção de dióxido de carbono (VCO_2) *versus* consumo de oxigênio (VO_2) durante o teste de exercício incremental. Segundo Moalla *et al.* (2005), este último é o método mais simples e comum de ser utilizado. Porém, a combinação de vários indicadores parece aumentar a confiabilidade da identificação do LAV em crianças e adolescentes (HEBESTREIT, *et al.*, 2000).

Diante do exposto, observa-se que ainda são escassos os trabalhos que estudam adolescentes com excesso de peso ao nível do desempenho submáximo em teste de exercício incremental utilizando o LAV como referência. A identificação das variáveis cardiorrespiratórias ao nível do LAV se torna importante para o entendimento da resposta ventilatória e análise da aptidão cardiorrespiratória tanto relacionada à saúde, uma vez que uma maior aptidão pode estar correlacionada a um menor perfil de risco cardiovascular (RODRIGUES, *et al.*, 2006, 2007), como à prescrição de exercícios e ao efeito do treinamento (ROWLAND, *et al.*, 1987; PRADO, *et al.*, 2009, 2010a) nessa população, com ou sem excesso de peso de ambos os gêneros.

Dessa forma, este estudo se propõe a fazer uma análise comparativa das respostas cardiorrespiratórias no esforço submáximo de adolescentes, com diferentes classificações do IMC, a partir das variáveis de $VO_{2\text{ LAV}}$ ($L \cdot \text{min}^{-1}$), $VO_{2\text{ LAV}}$ ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), $\%VO_{2\text{máx LAV}}$, FC_{LAV} (bpm), $\%FC_{\text{máx LAV}}$, RTR_{LAV} , VE_{LAV} ($L \cdot \text{min}^{-1}$), $VCO_{2\text{ LAV}}$ ($L \cdot \text{min}^{-1}$), $VE/VO_{2\text{ LAV}}$, $VE/VCO_{2\text{ LAV}}$, e velocidade (Vel_{LAV} km/h) de um teste de exercício incremental, realizado em esteira rolante, onde a hipótese é que, ao comparar adolescentes com excesso de peso e adolescentes com peso normal, os primeiros apresentem respostas significativamente diferentes dos segundos, sugerindo que a presença do excesso de peso possa interferir de maneira negativa nas respostas cardiorrespiratórias submáximas do exercício.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Identificar e comparar os valores de variáveis cardiorrespiratórias no limiar anaeróbico ventilatório (LAV) de adolescentes com peso normal e com excesso de peso.

2.2 Objetivos específicos

- Comparar os valores das variáveis cardiorrespiratórias no LAV entre as classificações do índice de massa corporal (IMC): peso normal, sobrepeso, obesidade;
- Comparar os valores das variáveis cardiorrespiratórias no LAV em meninas e meninos entre as classificações do IMC;
- Comparar os valores das variáveis cardiorrespiratórias no LAV em cada classificação do IMC entre os gêneros.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Tipo de estudo

Esta pesquisa consiste em um estudo causal comparativo. Este modelo, classificado como um tipo de pesquisa descritiva, proporciona instrumentos para abordar os problemas que não podem ser estudados em condições de experimento e oferece valiosos indícios sobre a natureza dos fenômenos (RUDIO, 1983, p. 59).

3.2 Amostra

Neste estudo estão reunidos dados que foram coletados entre 2003 e 2005, por meio de convênio científico entre a Faculdade Salesiana de Vitória e a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). A amostra envolveu adolescentes com idade entre 10 e 14 anos, de ambos os gêneros, e foi obtida por um processo de seleção aleatória, considerando a proporcionalidade entre a população dessa faixa etária (total aproximado de 35.000 adolescentes na faixa etária do estudo) nas sete regiões administrativas do município de Vitória/ES, totalizando, proporcionalmente, 401 escolares. Porém, 311 escolares, sendo 163 meninas e 148 meninos, atenderam aos critérios de inclusão, que estão descritos no item 3.4.

As escolas de cada uma das sete regiões administrativas foram sorteadas e convidadas a participar do estudo, por meio de seus diretores que forneceram uma listagem de seus alunos. A partir dessa lista os escolares foram sorteados de maneira aleatória, onde apenas dois deles desistiram de participar, os quais foram substituídos através de novo sorteio. Os adolescentes sorteados foram convidados a participar do estudo por meio de seus pais ou responsáveis, que assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido sobre os benefícios, riscos e procedimentos a serem realizados.

Foram considerados como critérios de exclusão: ser tabagista, portador de alguma doença metabólica previamente conhecida ou ser usuário de contraceptivo oral.

A idade cronológica dos adolescentes foi determinada em forma centesimal, tendo como referência a data da coleta de dados e a data do nascimento.

Para a classificação da maturação sexual foram utilizados os critérios apresentados por Duarte (1993). Assim, as meninas foram consideradas maturadas quando já havia ocorrido a menarca, e os meninos, a presença de pêlos axilares.

Foi também realizado o cálculo de comparação de médias (utilizando valores de $VO_{2máx}$ $ml.kg^{-1}.min^{-1}$) entre dois grupos diferentes (peso normal e excesso de peso), considerando um erro tipo I (α) igual à 5% e um erro tipo II (β) igual à 80%, presentes na fórmula proposta por Kirkwood (1988) e Zar (1999) (*apud* CALLEGARI-JACQUES, 2003, p. 149), obtendo um tamanho amostral para cada grupo de pelo menos cinco adolescentes. (ANEXO A)

O protocolo de estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade Salesiana de Vitória, por meio do Ofício 069/2007 – CEP/FSV. (ANEXO B)

3.3 Medidas antropométricas e divisão dos grupos

O peso corporal foi determinado utilizando uma balança antropométrica (Welmy, modelo RW200; São Paulo, BR) com precisão de 100 gramas (g) e capacidade máxima para 150 quilos (kg), e a estatura foi aferida utilizando um estadiômetro de madeira (Seca, modelo 206) com escala de 0,1 centímetros (cm). A partir dessas duas variáveis, calculou-se o Índice de Massa Corporal (IMC, kg/m^2).

Os adolescentes foram divididos em grupos de acordo com a classificação pela massa corporal, a partir dos valores de referência propostos pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 2007), que utiliza os valores médios de IMC para idade e sexo, estabelecendo como ponto de corte o percentil > 85 e ≤ 97 para sobrepeso e > 97 para obesidade.

Sendo assim, os grupos foram denominados como:

- Grupo peso normal (GPN): formado pelos indivíduos classificados dentro da faixa de normalidade de peso, conforme critério estabelecido durante a coleta dos dados (percentil < 85);
- Grupo sobrepeso (GS): formado pelos indivíduos classificados acima do peso normal e abaixo do percentil para obesidade (percentil > 85 e ≤ 97 para sobrepeso);
- Grupo obesidade (GO): formado pelos indivíduos classificados como obesos (percentil > 97).

3.4 Protocolo do teste de esforço cardiopulmonar

Os adolescentes realizaram o teste de esforço cardiopulmonar em esteira ergométrica (Inbrasport Super ATL; Porto Alegre, BR), onde foi utilizado o ergoespirômetro da marca MedGraphics Corporation (MGC, modelo CPX/D; Minnesota, EUA), o qual fornecia informações acerca do consumo de oxigênio (VO_2), produção de dióxido de carbono (VCO_2), ventilação pulmonar (VE), equivalente ventilatório de oxigênio (VE/VO_2) e equivalente ventilatório de dióxido de carbono (VE/VCO_2) e razão de troca respiratória ($RTR = VCO_2/VO_2$).

Inicialmente, todos os voluntários foram submetidos a um eletrocardiograma (ECG) de repouso, utilizando as 12 derivações convencionais. Os adolescentes permaneciam em decúbito dorsal por cerca de 5 minutos, em um ambiente tranquilo, com temperatura mantida em torno de 22° C; a seguir, era feito o registro da atividade elétrica do coração. Em seguida, os adolescentes eram encaminhados para a esteira ergométrica e orientados a respeito do desenvolvimento do teste e critérios para a interrupção.

Uma máscara de neoprene, conectada ao pneumotacômetro para medida do fluxo de ar e análise dos gases expirados, foi utilizada de acordo com o tamanho do rosto de cada adolescente avaliado, permitindo a respiração pela boca e pelo nariz.

O teste era iniciado após 2 minutos de repouso em pé realizando os registros eletrocardiográficos e ventilatórios. Durante a execução, os indivíduos eram monitorados por meio do ECG de 12 derivações, para acompanhar a resposta cardíaca e a frequência cardíaca (FC) do esforço. Foi utilizado o protocolo de rampa, que consistiu no aumento progressivo da carga de trabalho (velocidade - km/h, e inclinação da esteira - graus), de acordo com o VO_2 predito em equivalentes metabólicos (MET), comparado com o VO_2 medido. A velocidade inicial e a velocidade máxima predita eram determinadas a partir da experiência prévia dos avaliadores. Assim, a média da velocidade foi de 2 km/h.

Quando se atingia a velocidade máxima predita sem que o indivíduo estivesse em fadiga, a inclinação era aumentada gradativamente. O teste era interrompido se o avaliado sinalizasse (através de gestos pré-combinados) para a exaustão, ou algum desconforto que o impedisse na continuidade do mesmo.

Foram considerados máximos os testes que atenderam aos seguintes critérios: a) FC máxima atingida > 190 bpm; e b) RTR > 1,0 (ROWLAND, CUNNINGHAM, 1992).

3.5 Coleta e análise dos gases

Para a análise dos gases durante o esforço utilizou-se o ergoespirômetro $CardiO_2$ da marca MGC (modelo CPX/D; Minnesota, EUA), que consiste em um sistema de calorimetria de circuito aberto, ou seja, o gás de referência para calibração era ajustado por uma mistura de gases com concentração constante de CO_2 e O_2 . Um software *breeze suite* era utilizado para determinação da concentração do VO_2 e VCO_2 , na VE, pela medida da diferença entre as pressões gasosas no ar inspirado e no ar expirado aferidos a cada respiração (*breath by breath*). Um transdutor fazia quantificação da concentração do CO_2 através de análise infravermelha não dispersiva (NDIR), e outro fazia a quantificação do O_2 por meio de célula de zircônio. A RTR foi calculada a partir da relação entre VCO_2 e VO_2 a cada incursão respiratória.

O equipamento era calibrado antes do teste da seguinte forma: aguardava-se 30 minutos para o aquecimento do circuito; em seguida, ajustava-se o fluxo de ar através do uso de uma seringa de calibração com capacidade de gerar um volume de 3 litros (L); a seringa era manipulada manualmente para produzir um fluxo de 0,4 a 12 L/s, para verificar a calibração do sistema para fluxo baixo e alto; o sensor de O_2 e CO_2 era calibrado usando como referência um gás composto de 22% de O_2 e 0% de CO_2 ; posteriormente, era calibrado com o uso de um gás composto de 12% de O_2 e 5% de CO_2 .

3.6 Identificação do Limiar Anaeróbico Ventilatório – LAV

Para cada indivíduo foram construídos três gráficos: V-slope (relação VCO_2 vs VO_2); VE/VO_2 e VE/VCO_2 ; e RTR. Os dois últimos gráficos foram plotados sobre o tempo de exercício.

O LAV foi determinado a partir dos gráficos pelo método de identificação visual, de acordo com os seguintes critérios: ponto de quebra da linearidade da inclinação de VCO_2 versus VO_2 (método V-slope), como pode ser observado na Figura 1; e/ou o aumento no VE/VO_2 sem aumento concomitante no VE/VCO_2 , (Figura 2) (BEAVER, *et al.*, 1986).

Os gráficos, construídos utilizando o programa Microsoft Office Excel 2007, foram verificados por dois avaliadores para confirmar a identificação da variável. Havendo discordância, um terceiro avaliador era requisitado.

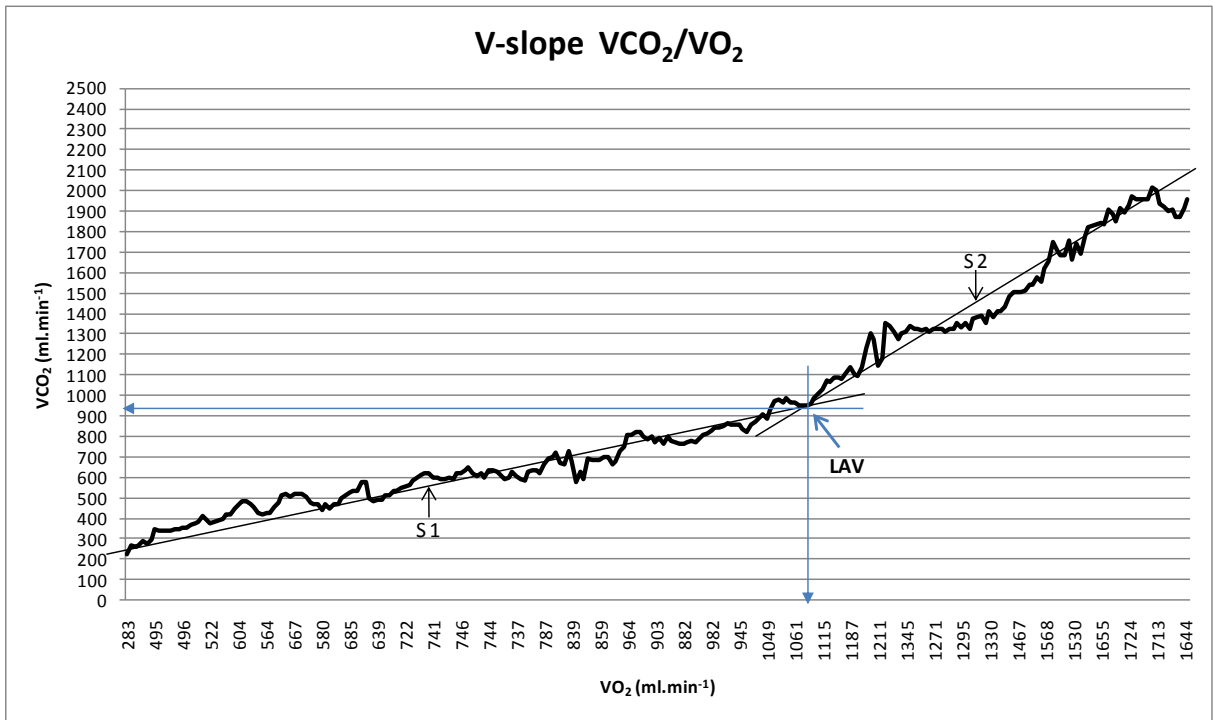


Figura 1 – Identificação do limiar anaeróbico ventilatório de uma adolescente utilizando o método V-slope.

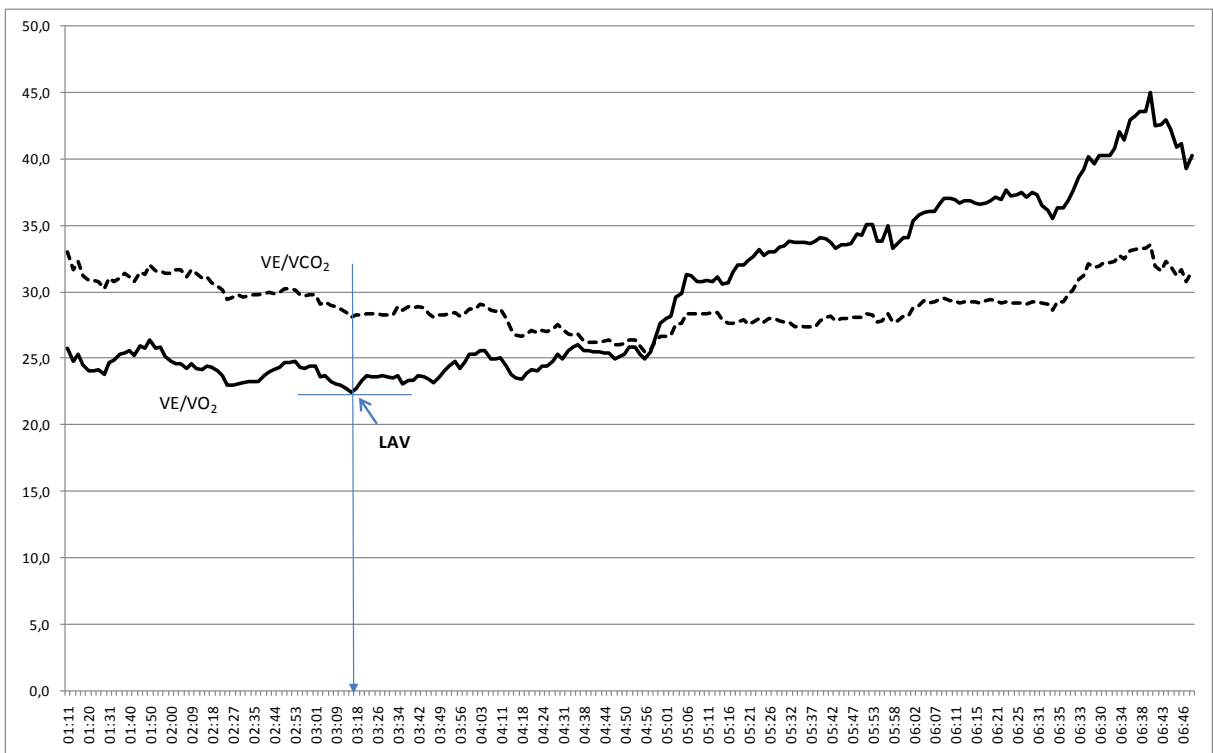


Figura 2 – Identificação do limiar anaeróbico ventilatório de um adolescente utilizando o equivalente ventilatório de oxigênio (VE/VO_2), plotado sobre o tempo do teste de esforço máximo.

3.7 Variáveis analisadas do teste cardiopulmonar

As seguintes variáveis dependentes foram obtidas respiração a respiração: VO_2 ($L \cdot min^{-1}$ e $VO_2 \text{ ml} \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$); VCO_2 ($L \cdot min^{-1}$); RTR; VE ($L \cdot min^{-1}$ BTPS); FC (bpm); velocidade (km/h) e inclinação (graus). O VE/VO_2 e o VE/VCO_2 foram calculados para a construção dos gráficos descritos anteriormente. Os percentuais do consumo máximo de O_2 no LAV ($\%VO_{2\text{máx LAV}}$) e da FC máxima no LAV ($\%FC_{\text{máx LAV}}$) foram também obtidos por meio de cálculos matemáticos.

Como variáveis independentes estão as classificações do IMC (peso normal, sobrepeso e obesidade). Assim, em função de mudanças nas variáveis independentes, alterações nas variáveis dependentes podem ser observadas.

3.8 Análise estatística

Para a análise estatística foram utilizados recursos da estatística descritiva (média, desvio padrão) para as medidas antropométricas e para as variáveis cardiorrespiratórias no LAV nas classificações do IMC e gêneros.

Foi aplicado o teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov. A partir disso, foi realizada a análise de variância (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 em cada gênero. O teste *post hoc* de Tukey foi usado para comparar as diferenças entre os grupos para dados que passavam no teste de normalidade, e o teste de Kruskal-Wallis quando os dados não passavam no teste de normalidade. Para as comparações entre os gêneros foi aplicado o teste *t* de Student. Um modelo esquemático da aplicação dos testes estatísticos (ANOVA uma via e teste *t* de Student) pode ser observado na Figura 3.

Ao considerar que a hipótese nula deste trabalho é a semelhança dos resultados das variáveis cardiorrespiratórias e da carga de trabalho entre as classificações do IMC, foi utilizado o nível de $p < 0,05$ para a rejeição desta, determinando assim as significâncias estatísticas.

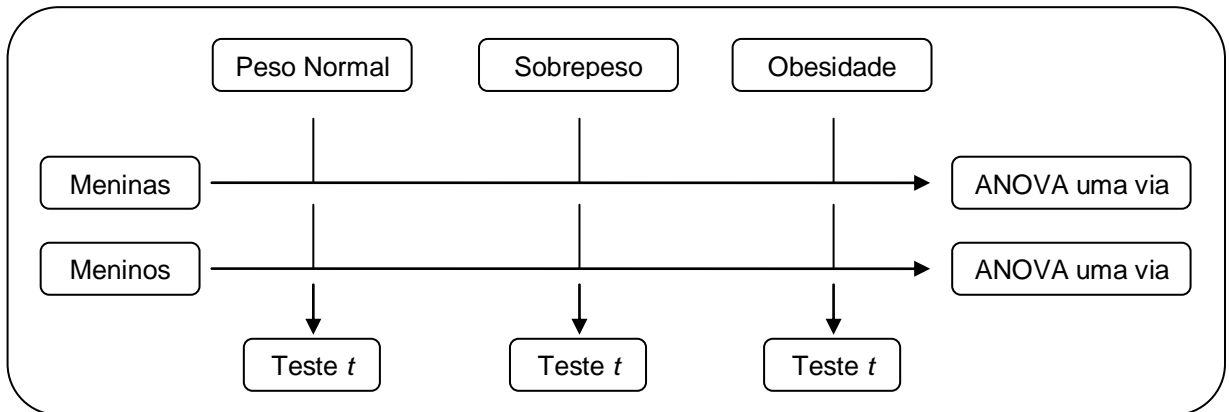


Figura 3 – Modelo esquemático da aplicação dos testes estatísticos.

Para a realização da análise estatística foi utilizado o programa estatístico SigmaStat 3.5.

4 RESULTADOS

Os resultados foram analisados a partir dos valores das variáveis cardiorrespiratórias encontradas no LAV, obtidos pelo método de identificação visual, conforme descrito na metodologia.

Foram analisados os dados de 311 adolescentes (163 meninas e 148 meninos), pois os mesmos atenderam aos critérios para teste de esforço máximo e identificação do LAV.

Em relação aos dois métodos utilizados para identificação do LAV, 65,6% foram obtidos pelo V-slope, 24,8% pelo VE/VO₂ e em apenas 9,6% foi possível identificar o mesmo momento do LAV pelos dois métodos.

Os adolescentes, divididos em três grupos a partir da classificação do IMC, estão representados com os seguintes percentuais: adolescentes com peso normal (GPN) 78% (n=242), e com excesso de peso 22% (n=69). Dentre os adolescentes com excesso de peso, 52% (n=36) apresentavam sobrepeso (GS) e 48% (n=33) obesidade (GO) (Figura 4). No GPN, 55,4% (n=134) são meninas e 44,6% (n=108) são meninos. No GS, os meninos representam 58,3% (n=21) e as meninas 41,7% (n=15). No GO 57,6% (n=19) são meninos e 42,4% (n=14) meninas.

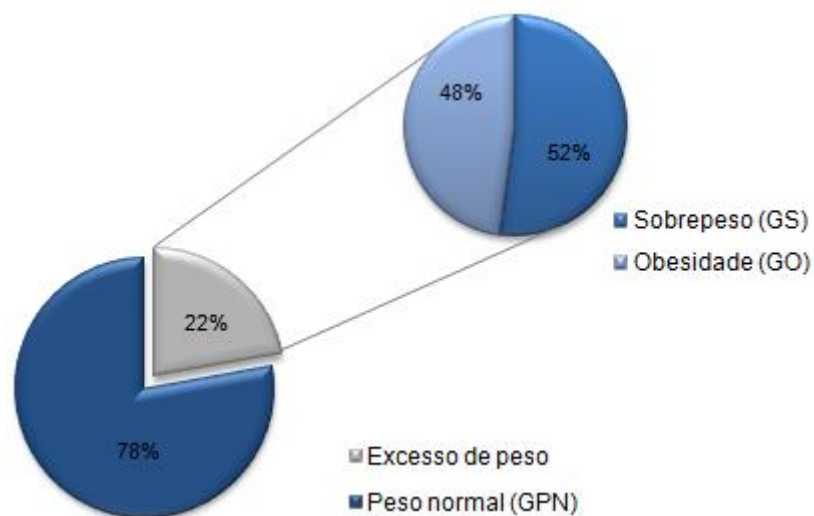


Figura 4 – Frequência relativa dos grupos estudados.

Com relação ao estágio maturacional, 45% das meninas e 43% dos meninos da amostra são maturados. Ao analisar por grupo, o GPN apresenta 43% das meninas e 40% dos meninos maturados. No GS, 60% das meninas e 52% dos meninos são maturados. Já no GO 43% das meninas e 47% dos meninos são maturados.

As características antropométricas dos grupos são apresentadas na Tabela 1. Como esperado, houve diferença estatística nos valores de peso corporal e IMC, sendo $GO > GS$, $GO > GPN$ e $GS > GPN$. Quanto à estatura, houve diferença apenas entre GPN vs GO, onde GO apresentou maior estatura.

Tabela 1 - Características antropométricas dos grupos estudados.

	GPN (n=242)	GS (n=36)	GO (n=33)
Idade (anos)	12,6 ± 1,4	12,6 ± 1,5	12,4 ± 1,2
Peso (kg)	40,6 ± 9,1	54,6 ± 9,8*	66,3 ± 11,8 ^{#‡}
Estatura (m)	1,51 ± 0,11	1,55 ± 0,10	1,57 ± 0,09 [#]
IMC (kg/m²)	17,5 ± 2,1	22,5 ± 1,7*	26,8 ± 3,3 ^{#‡}

IMC = índice de massa corporal; GPN = peso normal; GS = sobrepeso; GO = obesidade.

Média ± desvio padrão; ANOVA uma via; $p < 0,05$: * GPN vs GS; # GPN vs GO; ‡ GS vs GO.

Na Tabela 2 estão os valores das variáveis cardiorrespiratórias e da carga de trabalho. As variáveis no LAV são: o consumo de O_2 , absoluto ($VO_{2\text{ LAV}} \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$) e relativo à massa corporal ($VO_{2\text{ LAV}} \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), o percentual do consumo máximo de O_2 no LAV ($\%VO_{2\text{máx LAV}}$), frequência cardíaca (FC_{LAV}), percentual da FC máxima no LAV ($\%FC_{\text{máx LAV}}$), razão de troca respiratória (RTR_{LAV}), ventilação minuto ($VE_{\text{LAV}} \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$), produção de CO_2 ($VCO_{2\text{ LAV}} \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$), equivalentes ventilatórios de O_2 e CO_2 ($VE/VO_{2\text{ LAV}}$ e $VE/VCO_{2\text{ LAV}}$), e velocidade ($Vel_{\text{LAV}} \text{ km/h}$). Entre as variáveis no esforço máximo do exercício estão: o consumo máximo de O_2 ($VO_{2\text{máx}} \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) e frequência cardíaca máxima ($FC_{\text{máx}}$).

Tabela 2 - Valores das variáveis cardiorrespiratórias e carga de trabalho dos grupos estudados.

	GPN	GS	GO
VO₂máx (ml.kg⁻¹.min⁻¹)	43,2 ± 7,8 ^{**}	38,9 ± 6,5 [‡]	32,3 ± 5,0
VO₂LAV (ml.kg⁻¹.min⁻¹)	20,0 ± 7,3 ^{**}	16,5 ± 5,9	13,6 ± 3,2
%VO₂máx LAV	46,5 ± 13,9	42,9 ± 14,3	42,6 ± 10,2
FC_{máx} (bpm)	199 ± 8	199 ± 8	199 ± 9
FC_{LAV} (bpm)	140 ± 19	137 ± 17	138 ± 18
%FC_{máx} LAV	75,5 ± 9,5	68,8 ± 9,0	69,0 ± 7,5
RTR_{LAV}	0,84 ± 0,08	0,83 ± 0,09	0,83 ± 0,08
VE_{LAV} (L.min⁻¹)	21,3 ± 8,7	23,3 ± 10,2	22,0 ± 5,9
VO₂LAV (L.min⁻¹)	0,81 ± 0,35	0,89 ± 0,31	0,89 ± 0,19 [#]
VCO₂LAV (L.min⁻¹)	0,69 ± 0,32	0,74 ± 0,31	0,73 ± 0,16 [#]
VE/VO₂LAV	26,7 ± 3,5	26,1 ± 4,9	24,8 ± 3,3
VE/VCO₂LAV	32,0 ± 3,9 [#]	31,4 ± 4,4	29,8 ± 2,8
Vel_{LAV} (km/h)	7,2 ± 1,0 ^{**}	6,6 ± 1,0	6,0 ± 0,9

GPN = peso normal; GS = sobrepeso; GO = obesidade.

Média ± desvio padrão; ANOVA uma via; p < 0,05: * GPN vs GS; # GPN vs GO; ‡ GS vs GO.

Observa-se que o VO₂LAV (ml.kg⁻¹.min⁻¹) foi significativamente maior para GPN quando comparado com GS e GO. Não houve diferença estatística entre GS e GO. Já o VO₂máx (ml.kg⁻¹.min⁻¹) apresentou diferenças estatísticas nas comparações entre os grupos, onde GPN > GO, GPN > GS e GS > GO (Figura 5).

Mesmo encontrando diferenças entre os grupos nas variáveis referentes ao consumo de O₂ (máximo e submáximo), onde são vistos os menores valores nos grupos com excesso de peso (GS e GO), foi observada uma semelhança estatística do %VO₂máxLAV entre os três grupos (p = 0,110).

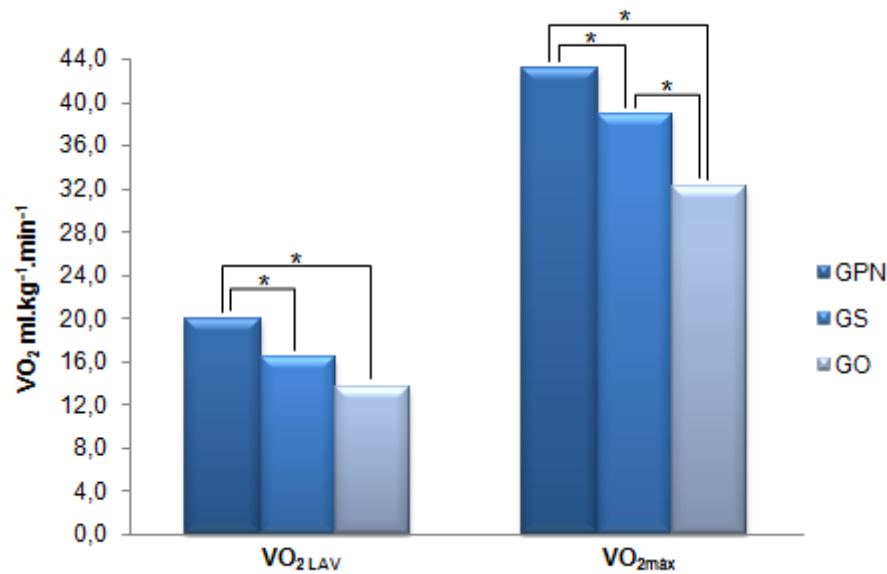


Figura 5 – Valores médios do consumo de oxigênio no LAV (VO_{2LAV}) e máximo (VO_{2max}) do teste de esforço cardiopulmonar; ANOVA uma via: * $p < 0,05$; GPN = peso normal; GS = sobrepeso; GO = obesidade.

Com relação às variáveis FC_{LAV} , FC_{max} e $\%FC_{maxLAV}$ não foram observadas diferenças estatisticamente significantes entre os grupos ($p = 0,556$; $p = 0,779$; $p = 0,419$; para FC_{LAV} , FC_{max} e $\%FC_{maxLAV}$, respectivamente), o mesmo podendo ser observado para RTR_{LAV} e VE_{LAV} ($p = 0,881$; $p = 0,229$, respectivamente).

Não houve diferença significativa entre os grupos para VE/VO_{2LAV} . Já para VE/VCO_{2LAV} , o GPN apresentou valor estatisticamente maior quando comparado ao GO, não havendo diferenças entre GPN vs GS e GS vs GO.

Quando observados os valores absolutos de VO_{2LAV} e VCO_{2LAV} , estes tiveram resultados semelhantes. Em ambas variáveis, GO apresentou maiores valores quando comparado ao GPN. Porém, não foram encontradas diferenças estatísticas entre GS vs GO e GPN vs GS.

Quanto a Vel_{LAV} , a média do GPN, significativamente maior do que os outros grupos, foi de 7,2 km/h, enquanto que GS e GO tiveram médias de 6,6 km/h e 6,0 km/h, respectivamente. Contudo, não houve diferença estatística entre GS vs GO.

Na Tabela 3, estão os resultados antropométricos da amostra separados por gênero, que por sua vez estão subdivididos de acordo com a classificação do IMC. Ao verificar separadamente as meninas, foram encontradas diferenças estatísticas no peso corporal e no IMC. O GO apresentou maior peso corporal e maior IMC quando comparado ao GPN e GS, assim como os valores de peso corporal e IMC do GS foram maiores quando comparados ao GPN, e a estatura foi semelhante entre os três grupos.

Com relação aos meninos, o peso corporal e o IMC apresentaram diferenças estatísticas entre os grupos, onde GO > GPN, GO > GS e GS > GPN. Na estatura, houve diferença apenas entre GO vs GPN, sendo que o GO apresentou maior estatura (1,59m ±0,09 vs 1,52m ±0,12, respectivamente).

Tabela 3 - Características antropométricas dos grupos estudados separados por gênero.

	Meninas			Meninos		
	GPN (n=134)	GS (n=15)	GO (n=14)	GPN (n=108)	GS (n=21)	GO (n=19)
Idade (anos)	12,5 ± 1,4	12,4 ± 1,4	12,0 ± 1,2	12,9 ± 1,4 [†]	12,7 ± 1,5	12,8 ± 1,1 [†]
Peso (kg)	40,9 ± 8,6	54,2 ± 10,0*	64,7 ± 14,0 ^{#‡}	40,2 ± 9,7	54,9 ± 10,0*	67,5 ± 10,2 ^{#‡}
Estatura (m)	1,50 ± 0,09	1,53 ± 0,10	1,54 ± 0,08	1,52 ± 0,12	1,57 ± 0,10	1,59 ± 0,09 [#]
IMC (kg/m²)	17,9 ± 2,1 [†]	22,9 ± 1,8*	27,1 ± 4,2 ^{#‡}	17,0 ± 1,9	22,2 ± 1,7*	26,5 ± 2,4 ^{#‡}

IMC = índice de massa corporal; GPN = peso normal; GS = sobrepeso; GO = obesidade.

Média ± desvio padrão; p < 0,05; ANOVA uma via: * GPN vs GS; # GPN vs GO; ‡ GS vs GO; Teste t: † entre gêneros.

Ao fazer comparações entre os gêneros, apenas o GPN apresentou diferença estatística, onde as meninas apresentaram maiores valores de IMC (17,9 ±2,1 vs 17,0 ±1,9). Além disso, não foram observadas diferenças estatisticamente significantes nas demais variáveis antropométricas, em nenhum outro grupo.

A Tabela 4 apresenta os valores das variáveis cardiorrespiratórias e da carga de trabalho separados por gênero, e subdivididos de acordo com a classificação do IMC. Assim, ao analisar somente as meninas, foram encontrados os seguintes resultados: o VO_{2 LAV} e o VO_{2máx} relativos ao peso corporal foram estatisticamente diferentes entre GPN e GO, onde GPN apresentou maiores valores. Não foram encontradas diferenças estatísticas entre GPN vs GS e GS vs GO.

Tabela 4 - Valores das variáveis cardiorrespiratórias e carga de trabalho dos grupos estudados separados por gênero.

	Meninas			Meninos		
	GPN	GS	GO	GPN	GS	GO
VO₂máx (ml.kg⁻¹.min⁻¹)	39,1 ± 5,9 [#]	35,4 ± 4,9	31,6 ± 4,6	48,3 ± 7,2 ^{*#†}	41,4 ± 6,3 [†]	32,8 ± 5,4
VO₂LAV (ml.kg⁻¹.min⁻¹)	18,2 ± 5,9 [#]	15,0 ± 3,5	14,2 ± 3,0	22,3 ± 8,1 ^{*#†}	17,5 ± 7,0	13,1 ± 3,2
%VO₂máx LAV	46,9 ± 13,7	43,3 ± 12,0	45,5 ± 10,4	46,0 ± 14,2	42,6 ± 16,0	40,5 ± 9,8
FC_{máx} (bpm)	199 ± 8	199 ± 9	199 ± 9	198 ± 8	200 ± 7	200 ± 9
FC_{LAV} (bpm)	141 ± 19	139 ± 15	143 ± 17	139 ± 19	135 ± 18	134 ± 18
%FC_{máx} LAV	70,8 ± 9,3	70,0 ± 8,4	71,9 ± 7,3 [‡]	70,1 ± 9,9	67,9 ± 9,5	66,7 ± 7,2
RTR_{LAV}	0,83 ± 0,07	0,82 ± 0,08	0,84 ± 0,08	0,85 ± 0,08 [‡]	0,84 ± 0,09	0,83 ± 0,08
VE_{LAV} (L.min⁻¹)	19,9 ± 7,3	21,0 ± 7,3	22,9 ± 7,5	23,1 ± 10,1 [†]	24,9 ± 11,7	21,3 ± 4,6
VO₂LAV (L.min⁻¹)	0,74 ± 0,26	0,80 ± 0,19	0,90 ± 0,19 [#]	0,90 ± 0,41 [†]	0,95 ± 0,36	0,87 ± 0,18
VCO₂LAV (L.min⁻¹)	0,61 ± 0,24	0,66 ± 0,18	0,76 ± 0,19 [#]	0,77 ± 0,37 [†]	0,80 ± 0,36	0,71 ± 0,14
VE/VO₂LAV	27,2 ± 3,6 [‡]	25,2 ± 4,4	25,0 ± 3,7	26,1 ± 3,3	26,1 ± 3,7	24,7 ± 3,1
VE/VCO₂LAV	33,0 ± 4,1 ^{#†}	31,6 ± 5,0	29,7 ± 2,6	30,9 ± 3,4	31,2 ± 3,9	29,9 ± 3,1
Vel_{LAV} (km/h)	6,9 ± 0,8 [#]	6,4 ± 0,9	6,1 ± 0,9	7,5 ± 1,0 ^{*#†}	6,7 ± 1,2	5,9 ± 1,0

GPN = peso normal; GS = sobrepeso; GO = obesidade.

Média ± desvio padrão; p < 0,05; ANOVA uma via: * GPN vs GS; # GPN vs GO; ‡ GS vs GO; Teste t: † entre gêneros.

Os resultados das variáveis %VO₂máx LAV (p = 0,635), FC_{LAV} (p = 0,802), FC_{máx} (p = 0,965), %FC_{máx} LAV (p = 0,828), RTR_{LAV} (p = 0,727), VE/VO₂ LAV (p = 0,075) e VE_{LAV} (p = 0,245) foram semelhantes nas comparações entre GPN vs GS, GPN vs GO e GS vs GO.

Para o VE/VCO₂ LAV as meninas do GPN apresentaram valores maiores quando comparadas as meninas do GO, não encontrando diferenças entre GPN vs GS e GS vs GO.

Resultados semelhantes foram encontrados para Vel_{LAV}, onde as meninas do GPN atingiram uma velocidade maior no LAV quando comparadas às meninas do GO. A média de Vel_{LAV} no GPN foi de 6,9 km/h, enquanto que no GO foi 6,1 km/h. Por outro lado, não foram encontradas diferenças entre GPN vs GS e GS vs GO.

Quando estudados separadamente os meninos, diferenças estatísticas foram encontradas apenas no VO₂ LAV e no VO₂máx relativos ao peso corporal e na Vel_{LAV}.

Dessa forma, com relação ao $VO_{2\text{ LAV}}$ o GPN apresentou maiores valores quando comparado ao GS e ao GO. Porém, não houve diferença entre GS vs GO. No $VO_{2\text{ máx}}$ os resultados foram: $GPN > GO$, $GPN > GS$ e $GS > GO$, conforme valores observados na Tabela 4.

Semelhante aos resultados encontrados no grupo das meninas, não foram observadas diferenças estatísticas nas comparações entre GPN vs GS, GPN vs GO e GS vs GO para as variáveis $\%VO_{2\text{ máx LAV}}$ ($p = 0,175$), FC_{LAV} ($p = 0,444$), $FC_{\text{máx}}$ ($p = 0,571$), $\%FC_{\text{máx LAV}}$ ($p = 0,265$), RTR_{LAV} ($p = 0,569$), $VE/VO_{2\text{ LAV}}$ ($p = 0,287$), $VE/VCO_{2\text{ LAV}}$ ($p = 0,425$) e VE_{LAV} ($p = 0,744$).

Com relação à Vel_{LAV} , os resultados apresentaram diferenças entre os grupos, onde os meninos do GPN atingiu uma velocidade maior no LAV quando comparados aos meninos de GS e GO. A média de Vel_{LAV} no GPN foi de 7,5 km/h, enquanto que GS e GO tiveram médias de 6,7 km/h e 5,9 km/h, respectivamente. Não houve diferença entre GS vs GO.

Ao fazer comparações entre os gêneros, os meninos do GPN obtiveram valores significativamente maiores quando comparados com as meninas do mesmo grupo para as seguintes variáveis: $VO_{2\text{ LAV}}$ (22,3 vs 18,2 $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) (Figura 6), $VO_{2\text{ máx}}$ (48,3 vs 39,1 $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$), RTR_{LAV} (0,85 vs 0,83), VE_{LAV} (23,1 vs 19,9 L.min^{-1}), VO_2 (0,90 vs 0,74 L.min^{-1}) e VCO_2 (0,77 vs 0,61 L.min^{-1}), e Vel_{LAV} (7,5 vs 6,9 km/h).

Já as meninas do GPN apresentaram maiores valores quando comparadas aos meninos para $VE/VO_{2\text{ LAV}}$ (27,2 vs 26,1) e $VE/VCO_{2\text{ LAV}}$ (33,0 vs 30,9).

Para as demais variáveis ($\%VO_{2\text{ máx LAV}}$ $p = 0,602$; FC_{LAV} $p = 0,418$; $FC_{\text{máx}}$ $p = 0,510$; e $\%FC_{\text{máx LAV}}$ $p = 0,584$) não houve diferenças estatísticas entre os gêneros.

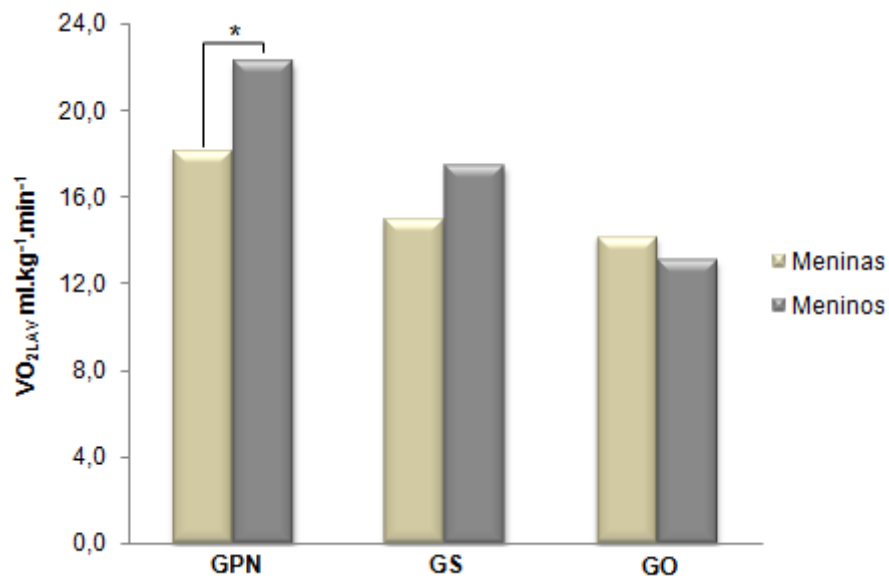


Figura 6 – Comparação dos valores médios do consumo de oxigênio no LAV ($VO_{2\text{ LAV}}$) entre os gêneros nos grupos estudados; Teste *t*. * $p < 0,05$; GPN = peso normal; GS = sobrepeso; GO = obesidade.

Ao comparar meninas e meninos do GS encontramos resultados diferentes dos encontrados no GPN. Apenas o $VO_{2\text{ máx}}$ apresentou diferença estatística entre os gêneros, onde os meninos obtiveram valores maiores (41,4 vs 35,4 ml.kg⁻¹.min⁻¹).

Ao contrário do esperado, no GO os resultados entre meninos e meninas foram semelhantes, com exceção do $\%FC_{\text{máx LAV}}$, onde as meninas apresentaram valores maiores quando comparadas aos meninos (71,9 vs 66,7%), mesmo não havendo diferença estatística para FC_{LAV} e $FC_{\text{máx}}$ ($p = 0,101$; $p = 0,956$, respectivamente).

5 DISCUSSÃO

A proposta deste estudo foi comparar as variáveis cardiorrespiratórias no LAV entre as classificações do IMC, em adolescentes de ambos os gêneros. Dessa forma, a discussão se desenvolverá a partir das variáveis estudadas, e dentro de cada variável abordada, o texto seguirá a sequência dos objetivos específicos: a comparação das variáveis entre GPN, GS e GO; a comparação das variáveis em meninas e meninos entre GPN, GS e GO; e a comparação das variáveis entre meninas e meninos em cada grupo.

Assim, de uma maneira geral, os adolescentes com excesso de peso (GS e GO) apresentaram uma aptidão cardiorrespiratória prejudicada, em nível submáximo de desempenho no teste cardiopulmonar, quando comparados aos adolescentes com peso normal.

Um achado importante deste estudo é que GS apresentou aptidão cardiorrespiratória no LAV com valores semelhantes aos de GO, sugerindo que os adolescentes com sobrepeso apresentam uma condição de saúde comprometida nesta intensidade metabólica, como também é observado nos adolescentes com obesidade. Essa informação é relevante, pois o início da presença do excesso de peso no adolescente já poderia trazer prejuízos para a sua saúde.

Na literatura não foram encontrados trabalhos que analisaram e compararam as variáveis cardiorrespiratórias no LAV (VO_2 L.min⁻¹ e ml.kg⁻¹.min⁻¹; % $VO_{2máx}$; VCO_2 L.min⁻¹; RTR; VE L.min⁻¹; VE/ VO_2 ; VE/ VCO_2 ; FC; %FC_{máx}) entre as três classificações do IMC. Ao não incluir adolescentes com sobrepeso nas análises de tais variáveis, não é possível observar se àqueles com sobrepeso estão mais próximos aos adolescentes com peso normal ou com obesidade, como foi possível neste trabalho.

Para as respostas do VO_{2LAV} e $VO_{2máx}$, ambos relativos ao peso corporal, os adolescentes com excesso de peso, tanto GS quanto GO, apresentaram valores menores quando comparados ao GPN (GPN: VO_{2LAV} 20,0 ±7,3 e $VO_{2máx}$ 43,2 ±7,8; GS: VO_{2LAV} 16,5 ±5,9 e $VO_{2máx}$ 38,9 ±6,5; GO: VO_{2LAV} 13,6 ±3,2 e $VO_{2máx}$ 32,3

$\pm 5,0$), o que pode ser explicado, em parte, pela maior massa corporal que os adolescentes com excesso de peso apresentam, ou pela baixa aptidão cardiorrespiratória característica do estado de obesidade, ou por ambas situações (NORMAN, *et al.*, 2005; PRADO, *et al.*, 2009; MILANO, LEITE, 2009). Além disso, Bar-Or (1983, p. 199) relata que as crianças com obesidade apresentam o desempenho na atividade física deficiente quando comparadas às crianças magras, e uma razão é o alto custo metabólico do exercício, onde os obesos requerem maior captação de O_2 para executar determinada tarefa.

Embora não tenham sido encontradas diferenças entre os grupos GPN, GS e GO para o $\%VO_{2m\acute{a}x\text{ LAV}}$, os resultados deste estudo estão de acordo com a literatura (ZANCONATO, *et al.*, 1989), onde os autores mostraram que o $VO_{2m\acute{a}x}$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) e o $VO_{2\text{ LAV}}$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) foram significativamente menores nos obesos do que nos não obesos, mas não havendo diferenças significativas entre os grupos para valores absolutos do $VO_{2m\acute{a}x}$ ($ml.min^{-1}$) e para $\%VO_{2m\acute{a}x\text{ LAV}}$, concluindo, dessa forma, que a aptidão física de crianças e adolescentes com excesso de peso é quantitativamente reduzida.

Complementando a idéia de Bar-Or (1983), Wasserman *et al.* (2005, p. 97) diz que o adulto obeso necessita de energia adicional para mover uma maior massa corporal, que se adiciona ao O_2 necessário para realizar o trabalho externo, exigindo desse indivíduo uma resposta cardiorrespiratória aumentada ao exercício. Segundo o autor, o $VO_{2m\acute{a}x}$ e o LAV são baixos nessas pessoas quando relacionados ao peso corporal real, mas geralmente normal quando relacionados com a altura ou à massa corporal magra prevista. Assim acredita-se que esse fenômeno aconteça também em adolescentes com excesso de peso.

Em se tratando de valores absolutos, Norman *et al.* (2005) encontraram semelhanças entre adolescentes obesos e não obesos para valores absolutos do consumo de O_2 tanto no LAV quanto no máximo, sugerindo que adolescentes com excesso de peso são mais limitados pelo aumento do esforço cardiorrespiratório necessário para mover sua maior massa corporal do que por falta de condicionamento cardiorrespiratório. Em contrapartida, os resultados deste estudo

para o VO_2 LAV ($L \cdot \text{min}^{-1}$) mostraram que o GO apresentou valores maiores comparado ao GS e GPN.

Neste estudo, ao comparar os gêneros, observamos que as diferenças encontradas para VO_2 LAV e $VO_{2\text{máx}}$ ocorreram apenas no GPN. Ou seja, as possíveis diferenças esperadas entre meninas e meninos do GS e/ou GO não ocorreram nessa amostra, exceto para o $VO_{2\text{máx}}$ no GS, onde os meninos apresentaram valores mais altos quando comparados às meninas. Segundo Bar-Or (1983, p. 4) enquanto não há qualquer mudança relacionada à idade no $VO_{2\text{máx}}$ nos meninos, o mesmo diminui continuamente entre as meninas, relacionando esse declínio a um aumento na adiposidade corporal (e portanto, uma diminuição relativa da massa magra) na adolescência.

DeLorey *et al.* (2005) relataram que tanto o gênero como a distribuição da gordura corporal são fatores importantes da obesidade relacionados às alterações na função ventilatória em adultos. Logo, ao considerar a adolescência um período de aumento acelerado no peso e na estatura (TOURINHO FILHO, TOURINHO, 1998), é possível observar que há também um aumento fisiológico no tecido adiposo, principalmente no sexo feminino, e sua distribuição é dependente do gênero (ESCRIVÃO, *et al.*, 2000). Dessa forma, esperava-se encontrar resultados onde os meninos com excesso de peso apresentariam valores mais altos para as variáveis relacionadas ao consumo de O_2 quando comparados às meninas, assim como acontece com os meninos do GPN. Nesse sentido, sugere-se que a presença de excesso de peso, e possivelmente a distribuição do tecido adiposo, parece minimizar as possíveis diferenças entre os gêneros.

Em contrapartida, um estudo realizado por Stella *et al.* (2003) mostrou que meninos e meninas mesmo apresentando semelhanças na porcentagem de massa de gordura corporal total, a porcentagem de massa muscular magra total e dos segmentos corpóreos foram maiores nos meninos em relação às meninas, podendo explicar, em parte, as diferenças encontradas entre os gêneros e a maior capacidade aeróbica apresentada pelos adolescentes obesos do sexo masculino.

Outra possível explicação para as semelhanças dos resultados deste estudo seria o fato de que 60% das meninas do GS e 43% das meninas do GO, e 52% dos meninos do GS e 47% dos meninos do GO eram maturados. Ou seja, pelo motivo de que parte da amostra dos adolescentes com excesso de peso não era maturada, os resultados deste estudo podem ter sido influenciados pelo fator maturacional. Porém, não foi objetivo deste trabalho estudar o efeito da maturação nas variáveis metabólicas e cardiovasculares. No entanto, Bar-Or (1983, p. 3) sugere que não somente as dimensões corporais, mas também a maturação está diretamente relacionada às mudanças fisiológicas na adolescência. Contudo, Armstrong *et al.* (1999) defendem que a maturação não influencia, por exemplo, na resposta do VO_2 ao exercício submáximo.

Os resultados entre gêneros do GPN, onde os meninos apresentaram maiores médias para as variáveis cardiorrespiratórias no LAV, estão concordantes com a literatura (REYBROUCK, *et al.*, 1985; WASHINGTON, 2000). Reybrouck *et al.* (1985), ao estudarem a correlação entre VO_{2LAV} e o $VO_{2máx}$ e os principais efeitos da idade, gênero e nível habitual de atividade física no LAV em crianças e adolescentes saudáveis, encontraram como principais resultados a influência significativa do gênero e da idade no LAV, expresso como $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ ou como $\%VO_{2máxLAV}$. Nas meninas o LAV foi alcançado com um VO_2 ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) significativamente menor do que nos meninos ($26,7 \pm 3,8$ vs $31,0 \pm 5,6$), sugerindo que a anaerobiose começa a uma menor intensidade de exercício nas meninas quando comparadas aos meninos (MÁCEK; VÁVRA, 1971 *apud* REYBROUCK, 1985). Cooper *et al.* (1984) também encontraram valores médios do LAV (VO_2 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$) mais baixos nas meninas em relação aos meninos ($21 \pm 3,5$ vs $26,5 \pm 5,5$). No presente estudo, as meninas também apresentaram menores valores para VO_{2LAV} ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) quando comparados aos meninos ($18,2 \pm 5,9$ vs $22,3 \pm 8,1$).

Na literatura estudada, poucos trabalhos mostraram valores das variáveis relacionadas à FC (FC_{LAV} , $FC_{máx}$ e $\%FC_{máxLAV}$), principalmente ao nível submáximo do teste cardiopulmonar em esteira, que comparassem adolescentes nas diferentes classificações do IMC. Embora, neste estudo, as variáveis citadas acima não apresentaram diferenças significativas entre os grupos, a resposta fisiológica da $FC_{máx}$ está concordante com outros trabalhos (ZANCONATO, *et al.*, 1989; GORAN,

et al., 2000; MARINOV, *et al.*, 2002; PRADO, *et al.*, 2009; MILANO, LEITE, 2009) que compararam adolescentes obesos e não obesos, e que encontraram resultados semelhantes na comparação entre os grupos. No presente estudo, os adolescentes com excesso de peso não apresentaram diferenças para $FC_{m\acute{a}x}$ quando comparados àqueles com peso normal (200 bpm ± 8 vs 199 bpm ± 8). Porém, alguns autores sugerem que a $FC_{m\acute{a}x}$ sofre influência da obesidade (SALVADORI, 1999, 2003; LOFTIN, *et al.*, 2003; NORMAN, *et al.*, 2005). Nesse sentido, Norman *et al.* (2005) verificaram que a $FC_{m\acute{a}x}$ foi menor nos adolescentes obesos quando comparados aos não obesos, tanto no cicloergômetro (186 bpm ± 13 vs 196 bpm ± 11 ; respectivamente), como no teste de caminhada/corrida de 12 minutos (175 bpm ± 18 vs 197 bpm ± 17 ; respectivamente), sugerindo que tanto o descondicionamento quanto a obesidade podem reduzir a $FC_{m\acute{a}x}$ em adolescentes.

Para a FC_{LAV} , os resultados de Prado *et al.* (2010b) mostraram valores de crianças e adolescentes saudáveis mais altos quando comparados aos adolescentes do GPN deste estudo (159 bpm ± 5 vs 140 bpm ± 19). Sugere-se que essa diferença de valores pode estar relacionada à faixa etária que o presente estudo abrange (10 a 14 anos; média 12,7 $\pm 0,3$ para o GPN), enquanto que em Prado *et al.* (2010b) a média de idade é de 10,2 ($\pm 0,2$).

Na comparação da FC_{LAV} entre os gêneros também não foram encontradas diferenças significativas, diferentemente do estudo de Stella *et al.* (2003) que, ao comparar adolescentes obesos de ambos os gêneros em cicloergômetro, verificaram que os meninos apresentaram valores significativamente mais altos quando comparados às meninas (151 bpm ± 16 vs 135 bpm ± 11).

Quanto à RTR_{LAV} , no presente estudo não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos, e quando feita a comparação entre os gêneros, apenas o GPN apresentou diferenças, onde a média foi significativamente maior nos meninos do que nas meninas (0,85 $\pm 0,08$ vs 0,83 $\pm 0,07$). Por ser uma variável pouco estudada, principalmente ao nível submáximo do teste cardiopulmonar, foram encontrados poucos trabalhos para comparar com os resultados deste estudo. Prado *et al.* (2010b) apresentaram valores da RTR mais altos no LAV para crianças e adolescentes saudáveis mais altos no LAV quando comparados aos resultados

deste estudo ($0,92 \pm 0,0$ vs $0,84 \pm 0,08$). Outros trabalhos apresentaram valores da RTR ao nível máximo do teste cardiopulmonar que compararam adolescentes com peso normal e excesso de peso, em que os resultados foram discordantes ora mostrando que adolescentes com excesso de peso apresentam maiores valores quando comparados aos adolescentes com peso normal (MARINOV, *et al.*, 2002; LOFTIN, *et al.*, 2003), ora apresentando resultados semelhantes entre os grupos (GORAN, *et al.*, 2000; PRADO *et al.*, 2009; MILANO, LEITE, 2009).

Com relação à VE_{LAV} , os resultados mostraram que não houve diferença nos valores entre GPN, GS e GO. Assim como ocorrido com a RTR, ao comparar os gêneros, houve diferença apenas entre meninas e meninos do GPN, onde os meninos obtiveram maiores valores da VE_{LAV} ($23,1 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1} \pm 10,1$ vs $19,9 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1} \pm 7,3$). Embora não tenha encontrado estudos que apresentassem valores dessa variável ao nível submáximo, os valores absolutos ao nível máximo do exercício são maiores nos adolescentes com excesso de peso quando comparados àqueles com peso normal (MARINOV, *et al.*, 2002), sendo maior nos meninos quando comparados às meninas, refletindo o maior $VO_{2m\acute{a}x}$ que eles apresentam (ARMSTRONG, *et al.*, 1997).

Assim como acontece com a VE ao nível máximo do exercício, esperava-se encontrar valores mais altos desta variável nos grupos com excesso de peso ao nível submáximo, porém, não foram encontradas diferenças entre os grupos neste estudo. A VE está ligada à demanda metabólica, à eficiência da ventilação, à capacidade mecânica dos pulmões, entre outros fatores (WASSERMAN, *et al.*, 2005, p. 156). Nesse sentido, o resultado esperado parte do princípio de que indivíduos com excesso de peso ventilariam mais durante todo o período do teste cardiopulmonar quando comparados com GPN por conta de sua maior massa corporal a ser transportada e maior esforço físico para realizar o teste.

Quanto aos equivalentes ventilatórios, os dados deste estudo foram diferentes aos que estão descritos na literatura, tanto para VE/VO_{2LAV} como para VE/VCO_{2LAV} . Embora o VE/VCO_2 seja utilizado também para identificação do ponto de compensação ventilatória do teste de esforço cardiopulmonar (BEAVER, *et al.*, 1986; WASSERMAN, *et al.*, 2005, pág. 76; BRAGA, *et al.*, 2006; GIARDINI, *et al.*, 2011),

alguns autores o utilizam para avaliar a eficiência ventilatória tanto em adultos (HABEDANK, *et al.*, 1998; SUN, *et al.*, 2002) como em crianças e adolescentes (COOPER, *et al.*, 1987; MARINOV, *et al.*, 2002; GUERRERO, *et al.*, 2008; PRADO, *et al.*, 2009; GIARDINI, *et al.*, 2011).

A utilização do VE/VCO_2 para estudar a eficiência ventilatória é preferível ao VE/VO_2 porque o primeiro apresenta menor variabilidade quando comparado ao VE/VO_2 durante o exercício de intensidade moderada por conta da sensibilidade do mecanismo de controle ventilatório para $PaCO_2$ (pressão arterial de CO_2) e pH do sangue arterial nos níveis fisiológicos (SUN, *et al.*, 2002).

A eficiência ventilatória tem sido definida como a adequação da ventilação e perfusão nos pulmões. Sua medida é considerada importante para avaliação da presença e severidade de doenças cardíacas e/ou pulmonares, onde os altos valores estão relacionados a uma ventilação ineficiente (HABEDANK, *et al.*, 1998; SUN, *et al.*, 2002; BRAGA, *et al.*, 2006).

Segundo Habedank *et al.* (1998) o VE/VCO_2 define a eficiência ventilatória, independente do metabolismo (aeróbico ou anaeróbico), onde uma diminuição na eficiência pode ser causada por um aumento nos espaços mortos anatômico ou fisiológico, sendo este último o mais importante na hiperpnéia de doenças pulmonares e/ou cardíacas. Logo, a eficiência ventilatória diminui à medida que diminui a capacidade de realizar exercício e o conhecimento de valores normais permite a distinção entre doença leve e normalidade (SUN, *et al.*, 2002).

A eficiência da troca gasosa no pulmão é reduzida quando há um descompasso entre a ventilação e perfusão, necessitando de um aumento na VE para certa VCO_2 e $PaCO_2$, contribuindo para a dispnéia do exercício encontrada em pacientes com doença primária da circulação pulmonar e insuficiência cardíaca (SUN, *et al.*, 2002; BRAGA, *et al.*, 2006; CHASE, *et al.*, 2008).

Em crianças e adolescentes a eficiência ventilatória tem sido estudada comparando diferenças de idade, gênero e classificação do IMC. Nesse sentido um estudo realizado por Marinov *et al.* (2002) mostrou que não houve diferenças no

$VE/VCO_{2\text{ LAV}}$ entre crianças e adolescentes com excesso de peso e com peso normal. Em contrapartida, Prado *et al.* (2009) compararam a eficiência ventilatória no LAV (a partir do VE/VCO_2), de crianças e adolescentes com peso normal e obesidade, e o efeito do treinamento e da dieta hipocalórica na eficiência ventilatória dos obesos, e relataram que os obesos apresentaram menor eficiência ventilatória comparados aos de peso normal, e ainda que, quando os obesos foram submetidos à dieta associada ao exercício físico, os mesmos apresentaram valores mais baixos para $VE/VCO_{2\text{ LAV}}$, ou seja, melhora na eficiência ventilatória. Os autores sugeriram que possíveis mecanismos fisiológicos responsáveis pela melhora da eficiência ventilatória após perda de peso associada ao treinamento físico pode estar relacionado com um aumento do estado metabólico e do fornecimento de O_2 para os músculos, concluindo que uma menor eficiência ventilatória observada em crianças e adolescentes obesos pode não ser exclusivamente atribuída ao excesso do peso corporal, mas poderia ser fortemente relacionada à baixa aptidão cardiorrespiratória tipicamente associada à obesidade.

Os resultados deste estudo se contrapõem aos achados na literatura, uma vez que as meninas do GPN apresentaram maiores valores para $VE/VCO_{2\text{ LAV}}$ quando comparadas as meninas do GS e GO. Porém, elas também apresentaram maiores valores quando comparadas aos meninos do GPN, o que está de acordo com a literatura. Isto é, as meninas do GPN podem apresentar uma pior eficiência ventilatória.

Uma justificativa para baixos valores de $VE/VCO_{2\text{ LAV}}$ das adolescentes do GS e GO é que elas seriam tão ativas quanto àquelas do GPN (nível de atividade física medida pelo PAQ-C; dados não publicados), sugerindo assim que as primeiras não apresentariam prejuízo na eficiência ventilatória, seja por aumento do espaço morto anatômico e/ou fisiológico, seja por compressão extrínseca nos pulmões e tórax causada pelo excesso de adiposidade (INSELMA, *et al.*, 1993), mas apresentariam uma possível “limitação” mecânica da caminhada/corrida, refletido pelos valores mais baixos encontrados para $VO_{2\text{ máx}}$, $VO_{2\text{ LAV}}$ e Vel_{LAV} . Nesta última variável, as adolescentes do GO demonstraram 11,6% menor velocidade no LAV do que àquelas do GPN, justificando assim uma baixa aptidão cardiorrespiratória das adolescentes com excesso de peso.

Quanto VE/VO_2 , sabe-se que é também utilizado para a identificação do LAV, onde o seu aumento sem a elevação concomitante do VE/VCO_2 indica que o LAV foi atingido durante um teste de esforço progressivo. Esse comportamento é característico do HCO_3^- (bicarbonato) mantendo a acidez metabólica muito mais do que outros fatores que provocam o aumento na ventilação desproporcionalmente em relação ao VO_2 (WASSERMAN, *et al.*, 2005, p. 75).

Ao buscarmos a comparação dos dados deste estudo com a literatura, observamos que, em um estudo realizado por Rowland (1991) não foram encontradas diferenças significativas entre meninas obesas e não obesas para VE/VO_2 no exercício submáximo. De forma semelhante, neste estudo, os resultados mostraram que não houve diferença significativa entre meninas do GPN, GS e GO, porém as primeiras apresentaram valores que tendem a ser mais altos do que GS e GO. De acordo com Rowland (1991), a obesidade não afetou a eficiência respiratória (VE/VO_2) em níveis submáximo ou máximo do teste de esforço, apesar dos indivíduos obesos apresentarem alto $VO_{2máx}$ absoluto, o qual foi insuficiente para compensar a carga criada pelo excesso de gordura corporal.

Na comparação entre os gêneros, um estudo de Armstrong *et al.* (1997) mostraram que não houve diferenças entre meninos e meninas, pré-púberes com peso normal, para VE/VO_2 ao nível submáximo do teste de esforço. Já no estudo de Rowland e Cunningham (1997), as meninas apresentaram valores mais altos que os meninos. Os resultados neste estudo estão de acordo com este último, onde as meninas (GPN) apresentaram valores mais altos para VE/VO_{2LAV} do que os meninos do mesmo grupo. Rowland e Cunningham (1997) relataram que a magnitude do VE/VO_2 pode estar relacionada ao gênero, com as meninas mostrando valores mais altos durante o período da adolescência, afirmando que a explicação para o efeito do gênero na eficiência ventilatória (VE/VO_2) seja desconhecida.

A variável relacionada à carga de trabalho avaliada nesta pesquisa foi a Vel_{LAV} (km/h). Contudo, na literatura são utilizados também outros parâmetros, como: tempo total do teste (MILANO, LEITE, 2009), distância percorrida em determinado tempo (NORMAN, *et al.*, 2005), cálculos para análise de eficiência do

trabalho (COOPER, *et al.*, 1984; ROWLAND, *et al.*, 1997), frequência de passada (ROWLAND, *et al.*, 1997). Nesse sentido, tornou-se difícil a comparação dos resultados deste estudo com os de outros trabalhos em termos de valores, principalmente porque muitos deles avaliaram apenas os valores máximos do teste de esforço, utilizaram o cicloergômetro (STELLA, *et al.*, 2003; NORMAN, *et al.*, 2005; MILANO, LEITE, 2009; GIARDINI, *et al.*, 2011) e trabalharam com diferentes protocolos de teste.

Assim, de uma maneira geral, ao analisar crianças e adolescentes com diferentes classificações do IMC, em ambos os gêneros, observou-se que aqueles que são classificados como obesos demonstraram um menor tempo de teste na esteira (ZANCONATO, *et al.*, 1989; GORAN, *et al.*, 2000; PRADO, *et al.*, 2009), menor carga de trabalho no cicloergômetro (Watts) (MILANO, LEITE, 2009), menor distância percorrida (metros) (NORMAN, *et al.*, 2005), quando comparados aos adolescentes com peso normal. Porém os estudos citados anteriormente avaliaram a carga no pico do teste de esforço. No caso desta pesquisa, a carga avaliada no LAV (Vel_{LAV}) foi menor nos grupos com excesso de peso (GS e GO) comparados ao GPN, concordante com os dados encontrados na literatura para o máximo do teste de esforço. Norman *et al.* (2005) sugeriram que esse comportamento esteja atribuído a diminuição da eficiência mecânica devido ao alto custo metabólico durante o exercício.

Em relação ao gênero, assim como encontrado na literatura para valores ao nível máximo do exercício (STELLA, *et al.*, 2003; MILANO, LEITE, 2009), os meninos (GPN) deste estudo apresentaram maiores valores médios para Vel_{LAV} quando comparados às meninas. Em contrapartida, Rowland *et al.* (1997) não encontraram diferenças entre os gêneros ao analisar frequência de passada e eficiência do trabalho muscular em crianças e adolescentes com peso normal. No estudo de Stella *et al.* (2003) os meninos obesos apresentaram maiores cargas de trabalho, tanto ao nível máximo como no LAV, comparados às meninas obesas, sugerindo que os meninos apresentaram maior massa muscular total e maior capacidade aeróbica, diferentemente do que aconteceu neste estudo, o qual não apresentou diferença na carga de trabalho entre os gêneros nos GS e GO, refletido também pelos valores do VO_{2LAV} ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$).

Como limitações deste estudo pode-se descrever que: os critérios utilizados para a classificação do estado maturacional não seguiram àqueles mais utilizados na literatura para esse fim (ARMSTRONG, *et al.*, 1997; MILANO, LEITE, 2009), não sendo possível determinar o grau de maturação sexual, identificando apenas o início da puberdade; o nível de atividade física regular foi avaliado utilizando o questionário PAQ-C, porém não foi objetivo deste estudo fazer uma discussão sobre sua utilização como instrumento de apoio para analisar a aptidão física dos adolescentes.

6 CONCLUSÃO

O principal objetivo deste estudo foi analisar as respostas cardiorrespiratórias no LAV de adolescentes de ambos os gêneros a partir da classificação do IMC: peso normal, sobrepeso, obesidade. Os mesmos foram submetidos a um teste de esforço cardiopulmonar, em esteira, utilizando o protocolo de rampa.

Assim, é possível concluir que:

1. Adolescentes com excesso de peso (GS e GO) apresentaram uma aptidão cardiorrespiratória prejudicada, em nível submáximo de desempenho no teste cardiopulmonar, quando comparados aos adolescentes com peso normal, mostrando que de fato o maior peso corporal pode influenciar diretamente na capacidade de realizar exercícios.

2. Adolescentes com sobrepeso se assemelham aos obesos, em termos de respostas cardiorrespiratórias no LAV, mostrando que os primeiros apresentam uma aptidão cardiorrespiratória tão baixa quanto os últimos. Ou seja, a presença de sobrepeso já pode sinalizar prejuízos nos parâmetros fisiológicos, sendo importante ressaltar o cuidado para que não haja evolução desse grupo para a obesidade, o que poderia afetar ainda mais sua capacidade de realizar exercícios, além de outros problemas relacionados ao excesso de gordura corporal.

3. 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. Poderia-se pensar que meninos e meninas não apresentam diferenças no percentual de massa magra, ou ainda que a localização de acúmulo de tecido adiposo, normalmente diferente em homens e mulheres, não interferiu no desempenho do teste de esforço nesses adolescentes.

Ao concluir este trabalho, observa-se que avaliar e analisar a aptidão cardiorrespiratória no LAV traz informações importantes para a interpretação das

diferenças entre grupos de adolescentes de acordo com o IMC. A avaliação das variáveis cardiorrespiratória obtidas no LAV a partir do teste cardiopulmonar permite que os adolescentes, principalmente aqueles com excesso de peso, tenham seus resultados analisados sem, necessariamente, atingirem o esforço máximo durante o teste. Dessa forma, se torna possível a prescrição de exercícios físicos em intensidades mais apropriadas para adolescentes, contribuindo para o aumento da demanda energética e auxiliando nas intervenções de tratamento do sobrepeso e da obesidade.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, M. M.; LAMOUNIER, J. A.; COLOSIMO, E. A. Prevalência de sobrepeso e obesidade nas regiões nordeste e sudeste do Brasil. **Rev Assoc Med Bras**, 49(2): 162-6, 2003.
- AL-HAZZAA, H. M. Development of maximal cardiorespiratory function in Saudi boys. **Saudi Med J**, 22(10): 875-881, 2001.
- ARMSTRONG, N.; WELSMAN, J. R. Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents. **Exerc Sport Sci**, 22: 435-476, 1994.
- ARMSTRONG, N.; KIRBY, B. J.; McMANUS, A. M.; WELSMAN, J. R. Prepubescent's ventilatory responses to exercise with reference to sex and body size. **Chest**, 112: 1554-1560, 1997.
- ARMSTRONG, N.; WELSMAN, J. R.; KIRBY, B. J. Submaximal exercise and maturation in 12-year-olds. **J Sports Sci**, 17(2):107-14, 1999.
- ARMSTRONG, N.; WELSMAN, J. R. Peak oxygen uptake in relation to growth and maturation in 11- to 17-year-old humans. **Eur J Appl Physiol**, 85: 546-551, 2001.
- ASTRAND, P.O.; RODAHL, K. **Textbook of work physiology**. New York: McGraw-Hill, 1986.
- BAR-OR, O. **Pediatric Sports Medicine for Practitioner: From Physiologic Principles to Clinical Applications**. New York: Springer-Verlag, 1983.
- BEAVER, W. L.; WASSERMAN, K.; WHIPP, B. J. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. **J Appl Physiol**, 60: 2020-2027, 1986.
- BRAGA, A. M. F. W.; RONDON, M. U. P.; NEGRÃO, C. E.; WAJNGARTEN, M. Valor Preditivo de Variáveis Ventilatórias e Metabólicas para Óbito em Pacientes com Insuficiência Cardíaca. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, 86(6): 451-458, 2006.
- BRASIL. **Vigitel Brasil 2009**: vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Secretaria de Gestão Estratégica e Participativa. – Brasília: Ministério da Saúde, 2010.
- CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artmed, 2003.
- CHASE, P.; ARENA, R.; MYERS, J. et al. Relation of the Prognostic Value of Ventilatory Efficiency to Body Mass Index in Patients With Heart Failure. **Am J Cardiol**, 101: 348-352, 2008.

CHINTALA, K.; EPSTEIN, M. L.; SINGH, P. Longitudinal changes in heart rate-corrected measures of exercise performance in children. **Pediatr Cardiol**, 29: 60-64, 2008.

COBAYASHI, F.; OLIVEIRA, F. L. C.; ESCRIVÃO, M. A. M. S.; SILVEIRA, D.; TADDEI, J. A. A. C. Obesidade e Fatores de Risco Cardiovascular em Adolescentes de Escolas Públicas. **Arq Bras Cardiol**, 95(2): 200-206, 2010.

COOPER, D. M.; WEILER-RAVELL, D.; WHIPP, B. J.; WASSERMAN, K. Aerobic parameters of exercise as a function of body size during growth in children. **J Appl Physiol**, 56: 628-634, 1984.

DeLOREY, D.S.; WYRICK, B. L.; BABB, T. G. Mild-to-moderate obesity: implications for respiratory mechanics at rest and during exercise in young men. **International Journal of Obesity**, 29: 1039-1047, 2005.

DUARTE, M. F. S. Maturação Física: Uma Revisão da Literatura, com Especial Atenção à Criança Brasileira. **Cad Saúde Públ**, Rio de Janeiro, 9 (supl. 1): 71-84, 1993.

DIETZ, W. H. Health consequences of obesity in youth: childhood predictors of adult disease. **Pediatrics**, 101: 518-25, 1998.

ESCRIVÃO, M. A. M. S.; OLIVEIRA, F. L. C.; TADDEI, J. A. A. C.; LOPEZ, F. A. Obesidade exógena na infância e na adolescência. **Jornal de Pediatria**: Rio J., 76 (supl.3): S305-S310, 2000.

FRUTUOSO, M. F. P.; BISMARCK-NASR, E. M.; GAMBARDELLA, A. M. Redução do dispêndio energético e excesso de peso corporal em adolescentes. **Rev. Nutr.**, Campinas, 16 (3): 257-263, jul./set., 2003.

GIARDINI, A. et al. Physiologic decrease of ventilatory response to exercise in the second decade of life in healthy children. **Am Heart J**, 161: 1214-9, 2011.

GORAN, M.; FIELDS, D. A.; HUNTER, G. R.; HERD, S. L.; WEINSIER, R. L. Total body fat does not influence maximal aerobic capacity. **International Journal of Obesity**, 24: 841-848, 2000.

GUERRERO, L.; NARANJO, J.; CARRANZA, M. D. Influence of gender on ventilatory efficiency during exercise in Young children. **J Sports Sci**, 26 (13): 1455–1457, Nov 2008.

HABEDANK, D.; REINDL, I.; VIETZKE, G. et al. Ventilatory efficiency and exercise tolerance in 101 healthy volunteers. **Eur J Appl Physiol**, 77: 421-426, 1998.

HEBESTREIT, H.; STASCHEN, B.; HEBESTRIT, A. Ventilatory threshold: a useful method to determine aerobic fitness in children? **Med Sci Sports Exer**, 32(11): 1964-1969, 2000.

IBGE. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009**: Antropometria e Estado Nutricional de Crianças, Adolescentes e Adultos no Brasil. 2010.

INSELMA, L. S.; MILANESE, A.; DEURLOO, A. Effect of obesity on pulmonary function in children. **Pediatr Pulmonol.** 16: 130-137, 1993.

KAUTIAINEN, S.; KOIVUSILTA, L.; LINTONEN, T.; VIRTANEN, S. M.; RIMPELA, A. Use of information and communication technology and prevalence of overweight and obesity among adolescents. **Int Journal of Obesity**, 29: 925-933, 2005.

LOFTIN, M.; SOTHERN, M.; TROSCLAIR, L.; O'HANLON, A.; MILLER, J.; UDALL, J. Scaline VO₂ peak in obese and non-obese girl. **Obesity Research**, 9(5): 290-296, May 2001.

LOURENÇO, T. F.; TESSUTTI, L. S.; MARTINS, L. E. B. et al. Interpretação metabólica dos parâmetros ventilatórios obtidos durante um teste de esforço máximo e sua aplicabilidade no esporte. **Rev. Bras. Cineantropom. Desempenho Hum**, 9(3): 303-310, 2007.

MALINA, R. M.; BOUCHARD, C. Atividade Física do atleta jovem: do crescimento à maturação. Editora Roca, 2002.

MARINOV, B.; KOSTIANEV, S.; TURNOVSKA, T. Ventilatory efficiency and rate of perceived exertion in obese and non-obese children performing standardized exercise. **Clin Physiol & Func Im**, 22: 254-260, 2002.

MILANO, G. E.; LEITE, N. Comparação das Variáveis Cardiorrespiratórias de adolescentes obesos e não obesos em Esteira e Bicicleta Ergométrica. **Rev Bras Med Esporte**, 15 (4): 251-254, jul/ago. 2009.

MOALLA, W.; DUPONT, G.; BERTHOIN, S.; AHMAIDI, S. Respiratory muscle deoxygenation and ventilatory threshold assessments using near infrared spectroscopy in children. **Int J Sports Med**, 26: 576-582, 2005.

MYERS, J.; BELLIN, D. Ramp Exercise Protocols for Clinical and Cardiopulmonary Exercise Testing. **Sports Med**, 30(1): 23-29, Jul. 2000.

NORMAN, A. C.; DRINKARD, B.; MCDUFFIE, J. R.; GHORBANI, S.; YANOFF, L. B.; YANOVSKI, J. A. Influence of Excess Adiposity on Exercise Fitness and Performance in Overweight Children and Adolescents. **Pediatrics**, 115: 690-696, 2005.

O'DONOVAN, G., et al. The ABC of Physical Activity for Health: A consensus statement from the British Association of Sport and Exercise Sciences. **Journal of Sports Sciences**, 28(6): 573-591, April 2010.

PRADO, D. M.; SILVA, A. G.; TROMBETTA, I. C. et al. Weight Loss Associated with Exercise Training Restores Ventilatory Efficiency in Obese Children. **Int J Sports Med**. 30: 821-826, 2009.

PRADO, D. M.; SILVA, A. G.; TROMBETTA, I. C. et al. Exercise Training Associated with Diet Improves Heart Rate Recovery and Cardiac Autonomic Nervous System Activity in Obese Children. **Int J Sports Med**, 31: 860-865, 2010a.

PRADO, D. M.; BRAGA, A. M. F. W.; RONDON, M. U. P. et al. Comportamento Cardiorrespiratório em Crianças Saudáveis durante o Exercício Progressivo Máximo. **Arq Bras Cardiol**, 94(4): 493-499, 2010b.

REYBROUCK, T., et al. Ventilatory anaerobic threshold in healthy children. **Eur J Appl Physiol**, 54: 278-284, 1985.

RODRIGUES, A. N. et al. Maximum oxygen uptake in adolescents as measured by cardiopulmonary exercise testing: a classification proposal. **J Pediatr**, Rio de Janeiro, 82: 426-30, 2006.

RODRIGUES, A. N. et al. The association between cardiorespiratory fitness and cardiovascular risk in adolescents. **J Pediatr**, Rio de Janeiro, 83 (5): 429-435, 2007.

ROWLAND, T. W.; DELANEY, B. C.; SICONOLFI, S. F. Athlet's Heart in Prepubertal Children. **Pediatrics**, 79(5): 800-804, May 1987.

ROWLAND, T. W. Effects of Obesity on Aerobic Fitness in Adolescent Females. **Am J Dis Child**, 145, 1991.

ROWLAND, T. W., CUNNINGHAM, L. N. Oxygen uptake plateau during maximal treadmill exercise in children. **Chest**, 101: 485-489, 1992.

ROWLAND, T. W.; CUNNINGHAM, L. N. Development of Ventilatory Responses to Exercise in Normal White Children: A Longitudinal Study. **Chest**, 111: 327-332, 1997.

ROWLAND, T. W.; CUNNINGHAM, L. N. MARTEL, L. et al. Gender Effects on Submaximal Energy Expenditure in Children. **Int J Sports Med**, 18: 420-425, 1997.

ROWLAND, T. W. **Fisiologia do exercício na criança**. 2ª ed. São Paulo: Manole, 2008.

RUDIO, F. V. **Introdução ao projeto de pesquisa científica**. Petrópolis: Vozes, 1983.

SALVADEGO, D.; LAZZER, S.; BUSTI, C. et al., Gas exchange kinetics in obese adolescents. Inferences on exercise tolerance and prescription. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol**, 299: R1298-R1305, Nov 2010.

SALVADORI, A.; FANARI, P.; FONTANA, M. et al. Oxygen uptake and cardiac performance in obese and normal subjects during exercise. *Respiration*, 66: 25-33, 1999.

SERDULA, M. K.; IVERY, D.; COATES, R. J. et al. Do obese children become obese adults? A review of the literature. **Preventive Medicine**. 22: 167-177, 1993.

STELLA, S. G.; FERNANDEZ, A. C.; VILAR, A. P. et al. Estudo comparativo das capacidades aeróbia e anaeróbia de adolescentes com obesidade severa da cidade de São Paulo. **Rev. Bras. Ciên. Mov**, Brasília, 11(1): 23-28, 2003.

SUN, X. G.; HANSEN, J. E.; GARATACHEA, N.; STORER, T. W.; WASSERMAN, K. Ventilatory Efficiency During Exercise In Healthy Subjects. **Am J Respir Crit Care Med**, 166: 1443-1448, 2002.

TOURINHO FILHO, H. et al. Velocidade de corrida no limiar anaeróbio em adolescentes masculinos. **Rev Paul Educ Fís**, São Paulo, 12(1): 31-41, jan./jun. 1998.

WASHINGTON, R. L. Why do girls use less oxygen during exercise than boys? Cause or effect of decreased work. **Chest**, 117(3):619-20, 2000.

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

WHO, World Health Organization. **Expert Committee on Physical Status**: the use and interpretation of anthropometry. Geneva, 1995.

WHO, World Health Organization. **Growth reference data for 5 – 19 year, 2007**. Disponível em <http://www.who.int/growthref/en/>. Acesso em 18 de maio de 2010.

WHO, World Health Organization. **Obesity and Overweight**. Disponível em <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>>. Acesso em 23 de agosto de 2011.

WHO, World Health Organization. **Preventing chronic diseases**: a vital investment: WHO global report. 2005.

ZANCONATO, S.; BARALDI, E.; SANTUZ, P.; RIGON, F.; VIDO, L.; DALT, L. D.; ZACCHELLO, F. Gas exchange during exercise in obese children. **European Journal of Pediatrics**, 1148: 614-617, 1989.

ANEXOS

Anexo A – Cálculo de comparação de médias

Para o cálculo de comparação de médias (utilizando valores de $VO_{2m\acute{a}x}$ $ml.kg^{-1}.min^{-1}$) entre dois grupos diferentes (peso normal e excesso de peso), considerando um erro tipo I (α) igual à 5% e um erro tipo II (β) igual à 80%, foi utilizada a seguinte fórmula (KIRKWOOD, 1988; ZAR, 1999 *apud* CALLEGARI-JACQUES, 2003, p. 149):

$$n = \frac{s_A^2 + s_B^2 \times (t_\alpha + u_\beta)^2}{(\mu_A - \mu_B)^2}$$

$$n_0 = 30 \quad gl = 58 \quad t_\alpha = 2,000 \quad u_\beta = 0,848$$

$$n_0 = \frac{(5,1)^2 + (5,36)^2 \times (2,000 + 0,848)^2}{(46,37 - 34,61)^2} \quad n_0 = 4$$

$$n_1 = 4 \quad gl = 6 \quad t_\alpha = 2,447 \quad u_\beta = 0,906$$

$$n_1 = \frac{(5,1)^2 + (5,36)^2 \times (2,447 + 0,906)^2}{(46,37 - 34,61)^2} \quad n_1 = 5$$

Onde:

n: tamanho para cada amostra

gl: grau de liberdade

μ : média

s: variância

t_α e u_β : valores da tabela t de Student

Assim, obteve-se um tamanho amostral de, pelo menos, cinco adolescentes para cada grupo (peso normal e excesso de peso).

Apêndice B – Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Vitória, 17 de dezembro de 2007

Ofício 069/2007 – CEP/FSV

À Professora Samira Taatiyama Miyamoto
Coordenadora de Pesquisa

Prezada professora,

Informamos que o projeto de pesquisa “**Perfil Cardiorrespiratório e antropométrico de adolescentes do município de Vitória - 2ª etapa**”, do prof. Dr. Anabel Nunes Rodrigues, registrado neste CEP sob o número 053/2007, foi analisado pelo Comitê de Ética em Pesquisa – Faculdade Salesiana de Vitória, tendo sido considerado

APROVADO

É parecer desse comitê que o referido projeto, conforme apresentado, atende aos aspectos da Resolução CNS 196/96, sobre Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisa Envolvendo Seres Humanos.

Informamos ainda que o primeiro relatório do projeto deverá ser encaminhando a este CEP até o dia 20 de junho de 2008. O modelo do relatório encontra-se disponível no site da Faculdade Salesiana de Vitória, link no Comitê de ética em Pesquisa (Formulário de acompanhamento dos Projetos de Pesquisa Aprovados).

Atenciosamente,

Prof. Ms. Jair Miranda de Paiva
Vice-Coodenador do CEP
Faculdade Salesiana de Vitória

Anexo C – Carta de Envio do Artigo



REVISTA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS DO ESPORTE

Declaramos para os devidos fins que o artigo original intitulado “LIMIAR ANAERÓBICO VENTILATÓRIO EM ADOLESCENTES BRASILEIROS DE AMBOS OS SEXOS”, de autoria de Kamilla Bolonha Gomes, Luciana Carletti, Anselmo José Perez, Anabel Nunes Rodrigues, foi submetido à *Revista Brasileira de Ciências do Esporte* (ISSN 0101-3289; eISSN 2179-3255) em 16/02/2012, encontrando-se o mesmo em processo de avaliação.

Florianópolis, 27 de março de 2012.

Ana C. Richter
RBCE
Revista Brasileira de
Ciências do Esporte
Email: rbce@ced.ufsc.br

Ana Cristina Richter
Secretaria da Comissão Editorial da RBCE