

**GERUSA EISFELD MILANO**

**CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO EM ADOLESCENTES OBESOS E NÃO-OBESOS EM ESTEIRA E BICICLETA ERGOMÉTRICA NO MÉTODO CONVENCIONAL E ALOMÉTRICO**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação em Educação Física, área de Concentração Atividade Física e saúde, Departamento de Educação Física, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Educação Física.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dra. Neiva Leite



**GERUSA EISFELD MILANO**

**CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO EM ADOLESCENTES OBESOS E NÃO-OBESOS EM ESTEIRA E BICICLETA ERGOMÉTRICA NO MÉTODO CONVENCIONAL E ALOMÉTRICO**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação em Educação Física, área de Concentração Atividade Física e saúde, Departamento de Educação Física, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Educação Física.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dra. Neiva Leite

**ORIENTADOR (A): PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. NEIVA LEITE**



Ministério da Educação  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
Setor de Ciências Biológicas  
Departamento de Educação Física



## TERMO DE APROVAÇÃO

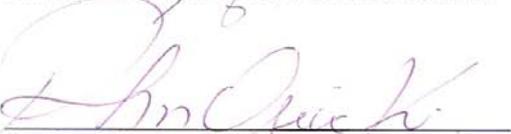
**GERUSA EISFELD MILANO**

“Consumo Máximo de Oxigênio em Adolescentes Obesos e Não-Obesos em Esteira e Bicicleta Ergométrica no Método Convencional e Alométrico”

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Educação Física – Área de Concentração Exercício e Esporte, Linha de Pesquisa Atividade Física e Saúde, do Departamento de Educação Física do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte Banca Examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
Professora Dra. Neiva Leite (Orientadora)  
Departamento de Educação Física / UFPR

  
\_\_\_\_\_  
Professor Dr. Luiz Fernando Martins Kruel

  
\_\_\_\_\_  
Professor Dr. Raul Osiecki

Curitiba, 14 de Fevereiro de 2008

Campus Jardim Botânico – CEP: 80.215-370 – Curitiba/PR  
Telefone: (41) 3362-8745 Fax (41) 3360-4336  
email: [mestrado\\_edf@ufpr.br](mailto:mestrado_edf@ufpr.br) [danieldias@ufpr.br](mailto:danieldias@ufpr.br)

[www.edf.ufpr.br](http://www.edf.ufpr.br)

Dedico este trabalho a aqueles que tiveram um impacto na minha vida: meus pais, Odilon e Mirian, por sua compreensão, paciência e amor, às minhas irmãs Gisele e Fabiane, por acreditarem em mim, ao Anderson meu namorado, pelo seu amor, auxílio e encorajamento nas horas mais difíceis; à minha orientadora Neiva pela sua orientação e acreditar em mim; à fonte de paz, segurança e alegria, meu Senhor, Jesus Cristo, que é à base da minha vida e supre todas as minhas necessidades.

Agradecer a Deus, pois sem Ele nada disso seria possível.  
Aos meus pais, Odilon e Mirian que acreditaram e investiram em mim.  
As minhas irmãs, Fabiane e Gisele, por sua paciência e carinho.  
Ao Anderson, meu namorado, que me ajudou e compreendeu em muitos momentos.

A minha orientadora Neiva por ser mais que uma orientadora uma amiga que me auxiliou nestes anos de jornada acadêmica.

Por todos do Núcleo de Pesquisa em Qualidade de Vida que auxiliaram de alguma forma.

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi investigar o nível de aptidão cardiorrespiratória em adolescentes obesos e não-obesos em ergômetros com e sem a sustentação da massa corporal pelo método convencional e alométrico. O estudo foi transversal e descritivo com a amostra de 54 indivíduos obesos (23 meninos e 31 meninas) e 33 não-obesos (16 meninos e 17 meninas) com idade entre 10 e 16 anos. Foram avaliadas a massa corporal (MC), a estatura (EST) e o Índice de Massa Corporal (IMC). Utilizou-se a classificação do IMC pelo critério do *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC 2000). Para avaliação cardiorrespiratória foram realizados testes máximos em esteira e bicicleta ergométricas, mensurou-se a frequência cardíaca máxima ( $FC_{max}$ ), o limiar ventilatório (LV), coeficiente respiratório (RER), Consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) em  $l \cdot min^{-1}$ , pelo método convencional ( $VO_{2max-conv}$ ), alométrico ( $VO_{2max-alo}$ ) e foi avaliada a carga de trabalho final na bicicleta ( $w$ ). Foi calculado o expoente alométrico para a massa corporal dos indivíduos separados por gênero, grupo e ergômetro, sendo o  $VO_{2max}$  corrigido pelo expoente alométrico. Utilizou-se o teste de *Student* para a comparação dos ergômetros. Nas análises dos métodos, utilizou-se a ANOVA fatorial. Considerou-se significativo  $p < 0,05$ . Os resultados revelaram que a massa corporal e IMC foram maiores no grupo obeso em ambos os gêneros. Os valores absolutos de  $VO_{2max}$  foram mais altos nos obesos ( $p < 0,00$ ), entretanto, o  $VO_{2max}$  convencional foi maior no grupo não-obeso, em ambos os ergômetros ( $p < 0,05$ ). A correção pela escala alométrica encontrou coeficientes semelhantes para os meninos e meninas obesos, respectivamente, na esteira de 0,57 e 0,59 e na bicicleta de 0,56 e 0,58. O grupo não-obeso apresentou valores iguais em ambos os ergômetros, sendo de 0,78 para o gênero feminino e de 0,73 no masculino. O  $VO_{2max}$  alométrico foi similar entre os grupos na esteira ergométrica. No entanto, na bicicleta ergométrica, os grupos não-obesos apresentaram maiores valores de  $VO_{2max}$  alométrico em relação aos obesos ( $p < 0,00$ ). Ao comparar os ergômetros, os valores médios encontrados foram significativamente maiores na esteira do que na bicicleta ergométrica ( $p < 0,05$ ), sendo que a diferença foi de 8,73% nas meninas não-obesas, 16,66% nas obesas e 13,19% nos meninos obesos. No grupo masculino não-obeso não houve diferenças entre os ergômetros. Concluiu-se que os obesos apresentaram valores de  $VO_{2max}$  mais baixos que os indivíduos não-obesos pelo método convencional, porém quando utilizada a escala alométrica esta diferença desaparece na esteira ergométrica e reduz na bicicleta ergométrica, revelando uma comparação mais justa entre indivíduos de diferentes massas corporais.

Palavras-chave: Obesidade.  $VO_{2max}$ . Escala alométrica. Púberes. Esteira. Bicicleta.

## ABSTRACT

The goal of the present study was to compare usual measurements of oxygen uptake with adjusted measurements (allometric scaled) in two ergometers (cycle ergometer and treadmill). Were measured the Indirect calorimetry via maximal oxygen uptake of 54 obese (23 boys; 31 girls) and 33 non-obese (16 boys; 17 girls) adolescents was measured in a maximal test in a cycle ergometer and a treadmill. Were evaluated body mass (MC), the height and Body Mass Index (BMI). It was used for the classification of BMI criterion of the Centers for Disease Control and Prevention (CDC, 2000). Measurements in the treadmill and in the cycle ergometer were performed at maximum treadmill and cycle ergometer, measured up to maximum heart rate, the ventilatory threshold, respiratory rate, maximum Consumo of oxygen in  $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ , the conventional method ( $\text{VO}_{2\text{max-conv}}$ ), alométrico ( $\text{VO}_{2\text{max-alo}}$ ) was assessed in the workload in the final Cycling (w). It was calculated the exponent alométrico for body mass of individuals separated by gender, group and ergômetro. Peak  $\text{VO}_2$  was then compared to the adjusted  $\text{VO}_2$  (allometric scale). A factorial ANOVA was used to compare the differences between groups (obese and non-obese) and student test was used to compared the tests (cycle ergometer and treadmill). The results showed that body mass and BMI were higher in the obese group for both genders. Peak  $\text{VO}_2$  peak, expressed as a relative fraction of body mass was lower ( $p < 0.05$ ) in the obese when compared to non-obese in cycle ergometer and treadmill. The correction by scale allometric found similar coefficients for the obese boys and girls, respectively, in the treadmill of 0.57 and 0.59 and cycle ergometer of 0.56 and 0.58. The non-obese group showed values equal in both ergometers, with a 0.78 for the female and male in 0.73. Adjusting the  $\text{VO}_2$  peak using the allometric scale reduced the differences between  $\text{VO}_2$  peak in boys and in girl the difference disappears in the cycle ergometer and in the treadmill the difference disappeared. Concluded that  $\text{VO}_2$  peak ( $\text{ml}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}$ ) was lower in obese than the normal-weight in both ergometer and gender. Allometric scaling reduced the bias between ergometers and gender, reflecting a more reliable oxygen uptake measurement.

Key-words: Obesity.  $\text{VO}_{2\text{peak}}$ . Scale Allometric. Pubescent. Treadmill. Cycle ergometer.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>FIGURA 1</b>	- VALORES DE $VO_{2MAX}$ NO MÉTODO CONVENCIONAL E ALOMÉTRICO EM ESTEIRA ERGOMÉTRICA NOS INDIVÍDUOS OBESOS E NÃO-OBESOS DIVIDIDOS DE ACORDO COM O GÊNERO.....	49
<b>FIGURA 2</b>	- VALORES DE $VO_{2MAX}$ NO MÉTODO CONVENCIONAL E ALOMÉTRICO EM BICICLETA ERGOMÉTRICA NOS INDIVÍDUOS OBESOS E NÃO-OBESOS DIVIDIDOS DE ACORDO COM O GÊNERO.....	50
<b>FIGURA 3</b>	- VALORES MÉDIOS DE $VO_{2MAX}$ CONVENCIONAL EM ESTEIRA E BICICLETA ERGOMÉTRICA NOS INDIVÍDUOS OBESOS E NÃO-OBESOS DIVIDIDOS DE ACORDO COM O GÊNERO.....	51
<b>FIGURA 4</b>	- VALORES MÉDIOS DE $VO_{2MAX}$ ALOMÉTRICO EM ESTEIRA E BICICLETA ERGOMÉTRICA NOS INDIVÍDUOS OBESOS E NÃO-OBESOS DIVIDIDOS DE ACORDO COM O GÊNERO .....	52

## LISTA DE TABELAS

<b>QUADRO 1</b>	- RESUMO DAS PESQUISAS QUE COMPARARAM O VO <sub>2</sub> MAX EM CRIANÇAS E ADOLESCENTES OBESOS E NÃO-OBESOS .....	38
<b>TABELA 1</b>	- MÉDIA E DEVIÓ-PADRÃO DAS CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS GRUPOS OBESOS E NÃO-OBESOS, MASCULINO (M) E FEMININO (F).....	46
<b>TABELA 2</b>	- MÉDIA E DEVIÓ-PADRÃO DA FC <sub>MAX</sub> , RER, %LV, TEMPO DE TESTE EM ESTEIRA E BICICLETA, DOS GRUPOS OBESOS E NÃO-OBESOS, MASCULINO (M) E FEMININO (F) .....	47
<b>TABELA 3</b>	- MÉDIA E DESVIO-PADRÃO DO VO <sub>2</sub> MAX EM ESTEIRA E BICICLETA DOS GRUPOS OBESOS E NÃO-OBESOS, MASCULINO (M) E FEMININO (F).....	48
<b>TABELA 4</b>	- INTERVALO DE CONFIANÇA DAS CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS GRUPOS OBESOS E NÃO-OBESOS, MASCULINO (M) E FEMININO (F).....	79
<b>TABELA 5</b>	- INTERVALO DE CONFIANÇA DA FC <sub>MAX</sub> , RER, %LV, TEMPO DE TESTE EM ESTEIRA E BICICLETA ERGOMÉTRICA DOS GRUPOS OBESOS E NÃO-OBESOS, MASCULINO (M) E FEMININO (F).....	80
<b>TABELA 6</b>	- INTERVALO DE CONFIANÇA PARA AS VARIÁVEIS DO VO <sub>2</sub> MAX EM ESTEIRA E BICICLETA ERGOMÉTRICA DOS GRUPOS OBESOS E NÃO-OBESOS, MASCULINO (M) E FEMININO (F) .....	81

## LISTA DE ABREVIATURAS

b	-	Coefficiente alométrico
bpm	-	Batimentos por minuto
cm	-	Centímetro
DP	-	Desvio padrão
EST	-	Estatuta
MC	-	Massa corporal
IMC	-	Índice de massa corporal
kg	-	Quilogramas
F	-	Feminino
M	-	Masculino
FC	-	Freqüência cardíaca
Est	-	Esteira
Bic	-	Bicicleta
FC <sub>max</sub>	-	Freqüência cardíaca máxima
FC <sub>max</sub> Est	-	Freqüência cardíaca máxima obtida no teste em esteira
FC <sub>max</sub> Bic	-	Freqüência cardíaca máxima obtida no teste em bicicleta
LV	-	Limiar ventilatório
%LV	-	Limiar ventilatório expresso em percentual de VO <sub>2max</sub>
%LV Est	-	Limiar ventilatório expresso em percentual de VO <sub>2max</sub> em teste de esteira
%LV Bic	-	Limiar ventilatório expresso em percentual de VO <sub>2max</sub> em teste de bicicleta
l.(min) <sup>-1</sup>	-	Litros divididos por minutos
min	-	Minutos
ml	-	Mililitros
ml. kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup>	-	mililitros divididos por quilos e minutos
ml. kg <sup>-b</sup> .min <sup>-1</sup>	-	mililitros divididos por quilos corrigido pelo expoente alométrico e minutos
VCO <sub>2</sub>	-	Consumo de gás carbônico produzido

$VO_{2max}$	- Consumo máximo de oxigênio
$VO_{2max-conv.}$	- Consumo máximo de oxigênio no método convencional
$VO_{2max-conv.}$ Est	- Consumo máximo de oxigênio no método convencional obtida no teste em esteira
$VO_{2max-conv.}$ Bic	- Consumo máximo de oxigênio no método convencional obtida no teste em bicicleta
$VO_{2max-alo}$	- Consumo máximo de oxigênio no método alométrico
$VO_{2max-alo}$ Est	- Consumo máximo de oxigênio no método alométrico obtida no teste em esteira
$VO_{2max-alo}$ Bic	- Consumo máximo de oxigênio no método alométrico obtida no teste em bicicleta
$VO_{2max-abs}$	- Consumo máximo de oxigênio em valor absoluto
$VO_{2max-abs}$ Est	- Consumo máximo de oxigênio em valor absoluto obtida no teste em esteira
$VO_{2max-abs}$ Bic	- Consumo máximo de oxigênio em valor absoluto obtida no teste em bicicleta
RER	- Coeficiente respiratório
RER – Est	- Coeficiente respiratório obtido em esteira
RER – Bic	- Coeficiente respiratório obtido em bicicleta
rpm	- Rotações por minuto
mph	- Milhas por hora
TT	- Tempo final de teste
TT – Est	- Tempo final de teste em esteira
TT – Bic	- Tempo final de teste em bicicleta
W	- Watts

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1 OBJETIVO GERAL .....	16
1.2 ESPECIFICOS .....	17
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>18</b>
2.1 OBESIDADE .....	18
2.2 ERGÔMETROS .....	20
2.3 APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA.....	24
2.4 ESCALA ALOMÉTRICA.....	33
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>39</b>
3.1 TIPO DE ESTUDO .....	39
3.2 PARTICIPANTES .....	39
3.3 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS .....	40
3.3.1 Local .....	40
3.3.2 Avaliações Antropométricas .....	40
3.3.3 Avaliação Clínica.....	41
3.3.4 Avaliação Cardiorrespiratória .....	42
3.3.5 Consumo Maximo de Oxigênio .....	43
3.4 DESENHO DA PESQUISA .....	44
3.5 ANÁLISE DADOS .....	45
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>46</b>
<b>5 DISCUSSÃO</b> .....	<b>53</b>
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>60</b>
REFERÊNCIAS.....	62
APÊNDICES .....	72
ANEXOS .....	82

## 1 INTRODUÇÃO

O consumo máximo do oxigênio ( $VO_{2max}$ ) é um dos melhores indicadores da condição cardiorrespiratória e um importante parâmetro preditivo de morbidades associadas (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 2006). Além de diagnosticar o nível de aptidão cardiorrespiratória, a avaliação do  $VO_{2max}$  é também utilizada para acompanhamento e prescrição do treinamento aeróbio em atletas e sedentários (WILMORE; COSTILL, 2001).

As escolhas dos ergômetros e dos protocolos são fundamentais para o sucesso da avaliação do consumo máximo de oxigênio consumido durante o teste. Usualmente, a esteira e a bicicleta ergométrica são os ergômetros mais utilizados tanto nas crianças como em adultos, principalmente por reproduzir atividades habituais (NEDER; NERY, 2003). Trabalhos realizados em indivíduos com massa corporal adequada revelam que os valores de  $VO_{2max}$  alcançados na esteira são maiores quando comparados ao da bicicleta (HERMANSEN; SALTIN, 1966; TURLEY; WILMORE, 1997). Sugere-se que a diferença encontrada entre os dois ergômetros seja justificada devido ao efeito da massa corporal e do grupo muscular utilizado na realização do teste. Na esteira ergométrica, o avaliado necessita suportar a massa corporal durante o teste e mobiliza um grande grupo muscular, em contrapartida, na bicicleta com o apoio no selim, o efeito da massa corporal no teste é reduzido (DE ROSE; RIBEIRO, 1983).

Em indivíduos obesos, os valores de  $VO_{2max}$  obtidos em ergômetros com ou sem a sustentação da massa corporal podem sofrer a influência do excesso da

gordura corporal. A escolha do ergômetro mais apropriado para reduzir a influência parece ser um ponto chave na avaliação de obesos. No entanto, poucos estudos compararam a aptidão cardiorrespiratória em diferentes ergômetros nessa população (MAFFES *et al.* 1994, LOFTIN, *et al.*, 2004). No estudo de Loftin *et al.* (2004) houve uma aproximação dos valores na esteira e bicicleta ergométrica, diferente das pesquisas com os não-obesos que apresentaram menores valores na bicicleta ergométrica.

Independente do ergômetro utilizado, os valores de  $VO_{2max}$  relativos à massa corporal expressos em  $ml.kg^{-1}.min^{-1}$  são mais baixos em indivíduos obesos quando comparados aos não-obesos (ZANCONATO *et al.*, 1989; GORAN *et al.*, 2000; EKELUND *et al.*, 2004; LOFTIN, *et al.* 2004). Enquanto que os valores absolutos de  $VO_{2max}$  nos obesos, por apresentarem uma superfície corporal maior, são em alguns estudos similares (LOFTIN, *et al.* 2001) e em outros maiores do que os não-obesos (EKELUND *et al.*, 2004; NORMAN *et al.*, 2005).

A avaliação da capacidade aeróbia tradicionalmente expressa relativa à massa corporal vem sendo questionado por alguns pesquisadores (ARMSTRONG *et al.*, 1999; PETTERSEN; FREDRIKSEN; INGJER; 2001), porque os resultados do  $VO_{2max}$  são influenciados pela massa corporal, além do ergômetro utilizado. O ajuste dos valores pela massa corporal normalmente não remove as diferenças, penalizando os indivíduos maiores (LOFTIN *et al.*, 2001). Assim, para minimizar essa influência, alguns autores têm adotado a escala alométrica ao comparar indivíduos com diferentes massas corporais (LOFTIN *et al.*, 2001; DENCKER *et al.*, 2007) e ergômetros (JESEN; JOHASEN; SECHER, 2001). A escala alométrica parece ser um ótimo indicador na comparação de indivíduos que apresentam

diferenças na massa corporal e estatura, ou em ambos. O fato de o indivíduo suportar ou não a massa corporal durante a realização do teste máximo pode ser um fator importante, sendo assim, o cálculo da escala alométrica relaciona a influência da massa corporal no ergômetro utilizado (JESEN; JOHASEN; SECHER, 2001).

Há carência de dados científicos avaliando a influência dos ergômetros com e sem sustentação da massa corporal sobre os parâmetros cardiorrespiratórios, utilizando o método convencional e alométrico, em adolescentes obesos e não-obesos. Até o momento, não encontramos nenhum estudo que comparou o  $VO_{2max}$  em indivíduos obesos e não-obesos com diferentes ergômetros utilizando a escala alométrica para correção da massa corporal.

## **1.1 OBJETIVO**

### **1.1.1 Geral**

- Investigar os parâmetros cardiorrespiratórios em adolescentes obesos e não-obesos em ergômetros com e sem a sustentação da massa corporal pelo método convencional e alométrico, na faixa etária dos 10 aos 16 anos, provenientes do ambulatório de obesidade infantil do Hospital de Clínicas e de escolas públicas de Curitiba.

### **1.1.2 Específicos**

- Avaliar e comparar os componentes cardiorrespiratórios de adolescentes, de ambos os gêneros, obesos e não-obesos (Frequência Cardíaca máxima, coeficiente respiratório, limiar ventilatório e consumo máximo de oxigênio absoluto), obtidos durante teste máximo em esteira rolante;
- Avaliar e comparar os componentes cardiorrespiratórios de adolescentes, de ambos os gêneros, obesos e não-obesos (Frequência Cardíaca máxima, limiar ventilatório, carga de trabalho, coeficiente respiratório e consumo máximo de oxigênio absoluto), obtidos durante teste máximo em bicicleta ergométrica;
- Comparar os valores de consumo máximo em adolescentes obesos e não-obesos, de ambos os gêneros, obtidos durante teste máximo em esteira e bicicleta ergométrica pelo método convencional;
- Comparar os valores de consumo máximo em adolescentes obesos e não-obesos, de ambos os gêneros, obtidos durante teste máximo em esteira e bicicleta ergométrica pelo método alométrico.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 OBESIDADE**

A prevalência do excesso de peso cresceu nesta última década em todas as faixas etárias, o que passou a ser uma preocupação à Organização Mundial de Saúde (JANSSEN *et al.*, 2005). Na população pediátrica houve o aparecimento das doenças crônicas degenerativas relacionadas à obesidade, como as cardiovasculares, diabetes mellitus do tipo 2, hipertensão arterial e dislipidemias (CARNEIRO *et al.*, 2000; LEITE, 2005; KUSCHNIR; MENDONÇA, 2007). Outro ponto é que 50 a 80% dos adolescentes com excesso de peso possuem uma tendência a se tornarem adultos obesos, apresentando maior gravidade na obesidade do que aqueles que se tornaram obesos quando adultos (FERNANDEZ *et al.*, 2004).

O desenvolvimento da obesidade está associado a diversos fatores interligados como a hereditariedade, a disfunção glandular e o ambiente. O aumento expressivo na prevalência da obesidade relaciona-se principalmente a mudança no estilo de vida, associadas com a ingestão de alimentos inadequados (MEHTA, CHANG, 2008) e a redução no nível de atividade física (DEFORCHE *et al.*, 2003; YANCEY *et al.*, 2004). Essas modificações são conseqüências do mau uso da

tecnologia na sociedade moderna, resultando em hábitos inativos, reduções do gasto calórico e menor nível de aptidão cardiorrespiratória (THÖRÖK *et al.*, 2001).

O sedentarismo vem crescendo entre as crianças e adolescentes, que se envolvem cada vez menos em atividades vigorosas e aumentam o tempo dedicado à televisão (BRACCO *et al.*, 2002; HANCOX; MILNE; POULTON; 2004).

A prática regular de exercícios físicos é um importante fator de saúde (ORTEGA *et al.*, 2007), tornando-se um bom controle e prevenção da obesidade (EDWARDS, 2008). Estudos mensurando o nível de atividade física em crianças e adolescentes obesos revelaram que existe uma preferência por atividades sedentárias no grupo obeso (REYBROUCKS *et al.* 1987; ZANCONATO *et al.*, 1989; BARUKI *et al.*, 2006).

Pesquisadores reportam que o sedentarismo e a má alimentação estão diretamente associados com a adiposidade (AGRA *et al.*, 2004). Adolescentes obesos são menos ativos do que os não-obesos, porém a energia gasta para a realização de atividades físicas em adolescentes obesos são maiores ou iguais aos não-obesos (BERKEY *et al.* 2000; MARTINEZ *et al.*, 2002). Entretanto, outro estudo, não encontrou diferenças no tempo de atividade física no momento de lazer entre indivíduos obesos e não-obesos (DEFORCHE *et al.*, 2003).

A obesidade está freqüentemente associada à diminuição da capacidade física e fadiga prematura. A massa corporal suportada durante atividades como a caminhada e corrida, representam um desgaste maior nos indivíduos obesos (NORMAN, *et al.*, 2004). Pesquisadores ressaltam a importância de incentivar a redução no tempo se locomovendo de carro (FRANK, ANDRESEN, SHMID, 2004) e aumentar a utilização de bicicletas e a caminhada como forma de prevenção e

tratamento da obesidade, tanto na população pediátrica (JANSSEN, *et al.*, 2004), como em adultos (MCCORMACK; CORTI; BULSARA, 2008; LINDSTRÖM, 2008; HAMER; CHIDA, 2008). A bicicleta é destacada como um excelente meio de transporte para a escola ou para o trabalho, contribuindo para o aumento do gasto energético diário e ao mesmo tempo utilizando no seu deslocamento uma energia que não afeta o meio ambiente (WEN; RISSEL, 2008).

Presume-se que a diminuição da capacidade física em crianças obesas esteja relacionada à limitação na função ventilatória, o que não deve ser atribuído somente ao excesso de massa corporal, mas também a inatividade física (KAUFMAN *et al.*, 2007). A massa corporal total afeta o custo de energia na locomoção de obesos (AYUB; BAR-OR, 2003), assim os resultados da aptidão física em indivíduos com excesso de peso podem sofrer influência do ergômetro escolhido na avaliação.

## **2.2 ERGÔMETROS**

A escolha do ergômetro apropriado para o teste de esforço máximo é fundamental na avaliação. Os diferentes ergômetros foram criados como instrumento para avaliar a base funcional das variáveis bioenergéticas (DE ROSE; RIBEIRO, 1983), que do latim *ergos* significa trabalho e *meter* medida (NEDER; NERY, 2003). O teste ergométrico é um procedimento não invasivo, que pode conferir informações

diagnósticas e prognósticas, além de avaliar a capacidade cardiológica em exercícios dinâmicos (DIRETRIZ DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA SOBRE TESTE ERGOMÉTRICO, 2002).

Existem diversos ergômetros (bicicleta, esteira, banco e ergometria de membros superiores), porém, a esteira e bicicleta ergométrica são os mais utilizados em testes cardiorrespiratórios. A preferência é devido ao maior nível de padronização, adequado estresse sistêmico (NEDER; NERY, 2002) e maior representatividade das atividades diárias, contudo, ambos possuem vantagens e desvantagens.

A bicicleta, comparada à esteira, geralmente tem menor custo, ocupa menor espaço, sendo compacta, silenciosa e segura, além de apresentar uma facilidade na mensuração da pressão arterial e ser de simples calibração (PARIDON *et al.*; 2006). As desvantagens estão no desconforto do selim, principalmente em obesos, que pode ser solucionado utilizando um selim especial em maiores dimensões (NEDER; NERY, 2003), apresenta maior fadiga muscular localizada e torna-se necessário selecionar cuidadosamente a altura do selim para uma posição correta durante o teste.

O teste realizado na esteira apresenta uma menor fadiga muscular localizada, um movimento mais natural, não necessita de adaptação para o tamanho corporal, apresenta um estresse cardíaco e ventilatório maior (NEDER; NERY, 2002). Em crianças, a partir dos três anos de idade a caminhada ou corrida é a forma predominante para se locomover, entretanto, deve-se lembrar a importância da familiarização com o ergômetro (PARIDON *et al.*, 2006). A principal diferença e

desvantagem da esteira está na necessidade do indivíduo em suportar a massa corporal durante a execução do teste, fato que não ocorre na bicicleta ergométrica.

A taxa de trabalho ou potência depende teoricamente da massa corporal total sob ação da gravidade (massa), da velocidade (trabalho horizontal) e inclinação (trabalho vertical) (NEDER; NERY, 2002). Dessa forma, na esteira, onde o equilíbrio, tamanho e frequência da passada diferem, existe a dificuldade em medir o trabalho realizado nesse ergômetro, porém a bicicleta apresenta a vantagem da precisão da relação potência aplicada e demanda metabólica.

Em obesos, o excesso de massa corporal pode acarretar em dificuldades na execução do teste em esteira. Pesquisas (ZANCONATO *et al.*, 1989; LOFTIN *et al.*, 2001), que compararam adolescentes obesos e não-obesos, encontraram maior carga final no teste em esteira ergométrica nos não-obesos em relação aos obesos. A principal justificativa é que os indivíduos com excesso de peso apresentaram desvantagem pelo efeito da gravidade sobre a massa corporal.

Outro estudo (DEMPESEY *et al.*, 1966), realizado em crianças e adolescentes obesos, demonstrou que quanto maior o grau de obesidade, menor a carga suportada durante o teste máximo em bicicleta ergométrica. Entretanto, contrariando as pesquisas apresentadas, o estudo de Maffeis *et al.* (1994) obteve semelhantes cargas finais de trabalho na esteira e na bicicleta ergométrica em crianças obesas e não-obesas. Revelando assim que não existe uma concordância entre os autores na relação entre carga de trabalho final e excesso de peso.

Além da carga de trabalho final, o tempo de teste é outro parâmetro importante na avaliação cardiorrespiratória. Em média o tempo ideal é de  $10 \pm 2$  minutos (BUCHFUEHRER *et al.*, 1983), teste com tempo menor de 8 minutos

apresentam uma baixa medida de  $VO_{2max}$ , possivelmente devido a limitações de força muscular. Testes muito longos, ou seja, maiores do que 12 minutos, espera-se uma redução do  $VO_{2max}$  provavelmente devido ao aumento da temperatura central, desidratação, desconforto ou fadiga dos músculos ventilatórios. Para que o teste realizado esteja dentro do tempo esperado, ou seja, de 8 a 12 minutos, é necessária a escolha correta do protocolo a ser utilizado.

A seleção do protocolo deve considerar a proposta do teste e as características do avaliado (MYERS *et al.*, 1992). O ideal é realizar uma escolha individualizada, de tal forma que a velocidade e inclinação da esteira ou carga na bicicleta possam ser aplicadas de acordo com a condição do indivíduo testado (DIRETRIZ DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA SOBRE TESTE ERGOMÉTRICO, 2002). A classificação dos protocolos depende da forma que a carga de trabalho é aplicada. Alguns se utilizam de carga incremental a cada minuto também denominado como teste de rampa, outros realizam um tempo maior de estágios com aumento de carga a cada dois ou três minutos, realizando um “*pseudo*” estado de equilíbrio, e ainda outros empregam uma carga constante, de cinco até 10 minutos de teste (AMERICAN THORACIC SOCIETY; AMERICAN COLLEGE OF CHEST PHYSICIANS, 2003).

Os protocolos mais empregados são os de rampa e com carga incremental de dois a três minutos. O protocolo de rampa é utilizado principalmente em diagnósticos clínicos, com pequenos incrementos de carga a cada estágio, sendo o tempo ideal de teste de 8 a 12 minutos. A principal crítica e limitação para este protocolo é a estimativa de carga para o avaliado, pois ocasionalmente ocorre uma baixa ou super-estimativa da carga de teste por depender de informações extraídas

do avaliado e da intuição do avaliador (MYERS *et al.*, 1992; FLETCHER *et al.*, 2001).

Em atletas ou indivíduos saudáveis e treinados o protocolo mais utilizado é o que apresenta o aumento de carga mais intenso, como o protocolo de Bruce. Entretanto, quando a população apresenta limitações etárias ou doenças, os protocolos menos intensos devem ser priorizados (PARIDON *et al.*, 2006). Assim o protocolo de Balke modificado é o método mais indicado para população que apresentam obesidade, doenças crônicas ou em crianças, por se tratar de uma velocidade constante e menos intensa (3,25 milhas por hora). Nesse protocolo o aumento de carga é realizado pela modificação da inclinação em 2% a cada 3 minutos, sendo compatível com a avaliação de grupos com menor condição cardiorrespiratória ou que apresentem limitações na amplitude da passada (ROWLAND; VARZEAS; WALSH, 1990).

O objetivo de se utilizar o protocolo e ergômetro ideal para cada população é obter valores reais do gasto metabólico. Entretanto, observa-se que independente do protocolo utilizado, ao comparar o gasto metabólico em esteira e bicicleta, o  $VO_{2max}$  é, em média, 10% maior na esteira do que na bicicleta (HERMANSEN; STALIN, 1969). No entanto, estudos em crianças e adolescentes obesos observaram que os valores de  $VO_{2max}$  não se comportam da mesma maneira do que os adolescentes não-obesos (MAFFEIS *et al.*, 1994; LOFTIN *et al.*, 2004).

## 2.3 APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA

O volume máximo de oxigênio tem sido uma das capacidades mais avaliadas nos últimos anos (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 2006). Pode ser definido como a maior taxa de oxigênio consumido pelo corpo durante o exercício máximo ou exaustivo (BASSETT; HOWLEY, 2000). Em crianças e adolescentes muitos pesquisadores têm considerado o  $VO_{2max}$  como um dos melhores indicadores da capacidade cardiorrespiratória e do nível de aptidão física (LOFTIN *et al.*, 2001; WILMORE; COSTILL, 2001), sendo utilizado na prescrição de exercícios aeróbios e controle das adaptações no treinamento.

Taylor, Buskirk e Henschel, (1955) já validaram, aceitaram e relacionaram o  $VO_{2max}$  com a carga de trabalho. Fisiologicamente, a resistência cardiorrespiratória está atrelada à capacidade do organismo em captar oxigênio suficiente para suprir as demandas metabólicas nos tecidos ativos (NEDER; NERY, 2003). Dessa forma, o funcionamento e transporte de oxigênio é definido pela interação do débito cardíaco e a diferença arteriovenosa de oxigênio. O valor do  $VO_2$  pode ser obtido através da equação de Fick, ou seja, considerando o volume de oxigênio expirado, o volume sistólico, a frequência cardíaca e a diferença arteriovenosa (WILMORE, COSTILL, 2000).

O acréscimo na intensidade de trabalho acarreta maior necessidade em captar o oxigênio pelo organismo. Assim, como já citada a equação de Fick, com o trabalho de carga crescente existe um aumento no débito cardíaco, devido à maior frequência cardíaca e uma otimização na extração enzimática de oxigênio, refletindo em maiores valores de  $VO_2$ . Observa-se um comportamento linear entre intensidade

do exercício (trabalho) e volume máximo de oxigênio (TAYLOR; BUSKIRK; HENSCHER, 1955).

Contudo, em cargas máximas de trabalho, a literatura relata a existência de uma constância no valor  $VO_2$ , fenômeno denominado como platô do  $VO_2$  (AMERICAN THORACIC SOCIETY; AMERICAN COLLEGE OF CHEST PHYSICIANS, 2003). Embora, a presença desse platô seja considerada a maior evidência de mensurar o  $VO_{2max}$ , este achado é raramente observado em indivíduos sedentários normais (NEDER; NERY, 2002) e em maior dificuldade nos indivíduos com doenças (PARIDON *et al.*, 2006) ou em crianças (KARILA *et al.*, 2001; ROWLAND; LEE, 1992). Por esses motivos, muitos autores utilizam-se do pico de  $VO_2$  ( $VO_{2pico}$ ), ou seja, o maior valor de  $VO_2$  encontrado durante o teste máximo como o  $VO_{2max}$  (ROWLAND; CUNNINGHAM, 1992). Leite (2005) utilizou o valor médio dos três maiores valores seguidos obtidos em teste máximo como  $VO_{2max}$  de cada indivíduo.

Além do  $VO_{2max}$ , outro fenômeno marcante na resposta metabólica a carga progressiva é a diferença abrupta na relação do  $VO_2$  e  $VCO_2$  denominada limiar ventilatório. Sabe-se que até determinado ponto ambos os valores de  $VO_2$  e  $VCO_2$  são equivalentes, no entanto, existe um momento na avaliação onde a liberação do  $CO_2$  é aumentada. A principal causa da produção extra de  $CO_2$  é devido à dissociação do ácido carbônico ( $H_2CO_3$ ), formado a partir do tamponamento do ácido láctico pelo bicarbonato sanguíneo. Como o tamponamento é limitado, o acúmulo de ácido láctico acarreta em uma acidose metabólica, na tentativa de reduzir essa acidose ocorre um importante estímulo ventilatório. O aumento do

VCO<sub>2</sub> desproporcional ao VO<sub>2</sub> é uma forma não invasiva para detectar o limiar ventilatório (WESSERMAN *et al.*, 1973).

A análise do limiar é realizada através de vários métodos, os mais comuns são através do equivalente respiratório, que avalia a relação entre a ventilação com o VO<sub>2</sub> e VCO<sub>2</sub>, outro método é pelo excesso de produção de VCO<sub>2</sub> e o último chamado de *V-Slope* que é caracterizado pela relação entre o VO<sub>2</sub> e VCO<sub>2</sub> (GASKILL *et al.*, 2001).

Os valores do VO<sub>2max</sub> e do limiar ventilatório estão diretamente ligados a diversos fatores tais como a genética, idade, gênero, tamanho corporal e da quantidade de músculos envolvidos no exercício (WILMORE; COSTILL, 2001) em ambas as variáveis, independente do método utilizado para a avaliação.

O VO<sub>2max</sub> e limiar ventilatório podem ser expressos em valores absolutos (l.min<sup>-1</sup>), relativos à massa corporal (ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) e relativos à massa magra (ml.MMkg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>), o limiar pode também ser demonstrado em percentual do VO<sub>2max</sub>. Essas variáveis quando expressas em valores absolutos, estão diretamente relacionadas à atividade muscular e tamanho do indivíduo, e não devem ser indicadores de desempenho (DOCHERTY, 1996). Os valores relativos à massa corporal são os mais utilizados devido à padronização determinada (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 2006).

O tamanho corporal tem uma relação direta com os valores de VO<sub>2</sub> principalmente no processo de maturação sexual e diferenças entre os gêneros. A diferença entre meninos e meninas é bem evidente, as meninas apresentam valores mais baixos, justificada pela menor quantidade de gordura corporal, menores de hemoglobina e área de muscular ativa (LOFTIN *et al.*, 2004).

Ao analisar a relação entre maturação e valores de  $VO_2$ , em ambos os gêneros, foi encontrada uma semelhança na curva de crescimento e pico do  $VO_2$  (GEITHNER *et al.*, 2004) revelando que o aumento na estatura acompanha linearmente a curva dos valores de  $VO_2$ , ou seja, no momento em que ocorre o estirão são encontrados os maiores valores de pico de  $VO_2$ . Nas meninas esse fenômeno ocorre por volta dos 12,3 anos e nos meninos aos 14 anos. Mostrando assim, que o tamanho corporal tem uma grande influência nos valores do volume máximo de oxigênio (TURKEY; WILMORE, 1995).

O  $VO_{2max}$  utilizado como parâmetro de desempenho é geralmente expresso relativo à massa corporal. Entretanto, existe uma relação negativa entre as variáveis de massa e  $VO_{2max}$  ( $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ ), assim com o aumento da massa corporal existe a redução no  $VO_{2max}$  relativo à massa corporal (LOFTIN *et al.*, 2001). Ao avaliar em termos absolutos existe um aumento no  $VO_{2max}$  absoluto ( $l.min^{-1}$ ) com a maior massa corporal (GEITHNER *et al.*, 2004).

Em indivíduos obesos, a dimensão corporal é um fator importante, que pode influenciar nos valores do  $VO_{2max}$  absolutos ( $l.min^{-1}$ ) e relativo à massa corporal quando comparado aos não-obesos (MARINOV, KOSTIANEV, TURNOVSKA, 2002; AYUB *et al.*; 2003; EKELUND *et al.*, 2004).

Zanconato *et al.* (1989) avaliaram e compararam o  $VO_{2max}$  e limiar ventilatório de crianças e adolescentes obesos e não-obesos, obtidos com teste máximo em esteira. Para o estudo foram selecionados 23 obesos e 37 não-obesos, de ambos os gêneros, na faixa etária dos oito aos 14 anos. O protocolo do teste aplicado consistia em caminhar a 6,5km/h com o aumento de 2% na inclinação a cada minuto, até a exaustão. O limiar ventilatório foi definido através do equivalente

ventilatório. Os resultados revelaram não haver diferenças no  $VO_{2max}$  absoluto entre os grupos, entretanto quando expressos relativos à massa corporal as meninas obesas apresentavam um  $VO_{2max}$  26,12% mais baixo do que as não-obesas, os meninos obesos apresentavam valores 31,11% mais baixos que os não-obesos. O limiar ventilatório foi menor no grupo obeso quando expresso relativo à massa corporal ( $VO_2$ ), porém, em valores percentuais de  $VO_{2max}$  ( $\%VO_{2max}$ ) os grupos obesos (83,6%) e não-obesos (77,9%) não diferiram. A carga final de trabalho e tempo de teste foi menor no grupo obeso, a  $FC_{max}$  obtida no teste foi similar entre os grupos. Os autores concluíram que os obesos apresentaram menor aptidão cardiorrespiratória que os não-obesos e semelhante limiar ventilatório.

Estudo realizado por Marinov, Kostianev e Turnovska (2002) objetivou analisar a eficiência mecânica e a percepção de esforço em 30 obesos e 30 não-obesos, de ambos os gêneros, com idades dos seis aos 17 anos. O  $VO_{2max}$  foi avaliado em esteira ergométrica com um protocolo de velocidade inicial e constante, o aumento de carga foi em 2% de inclinação a cada minuto. Nesse estudo, os valores de  $VO_{2max}$  absoluto foram 21,6% mais altos no grupo obeso comparados ao não-obeso. Porém, quando o  $VO_{2max}$  era relativo à massa corporal, o grupo obeso apresentou valores 13,10% mais baixos do que os não-obesos. As variáveis de RER foram maiores no grupo obeso, porém a  $FC_{max}$  foi similar entre os grupos.

Goran *et al.* (2000), realizaram um estudo que examinou a influência da massa corporal e da composição corporal na aptidão aeróbia. O estudo foi composto por 129 crianças ( $9,6 \pm 1,3$  anos) caucasianas e afro-americanas. Foram realizadas avaliações de  $VO_{2max}$  em esteira ergométrica. Os resultados revelaram que as crianças obesas apresentam  $VO_{2max}$  absoluto maior do que as não-obesas, o  $VO_{2max}$

relativo à massa corporal foi menor nas obesas e relativos à massa magra foram similares as crianças não-obesas. Os pesquisadores concluíram que o indivíduo obeso não apresenta uma menor capacidade aeróbia quando relativa à massa magra, porém quando expresso relativo à massa corporal total, os valores são comprometidos em função da maior dimensão corporal.

Outra pesquisa que teve como objetivo comparar  $VO_{2max}$  em obesos e não-obesos na esteira ergométrica foi a de Ekelund *et al.* (2004). Essa pesquisa foi composta por 18 adolescentes obesos e 18 não-obesos, na faixa etária dos 14 aos 19 anos, de ambos os gêneros. Para a avaliação de  $VO_{2max}$  no grupo obesos foi aplicado um protocolo que consistia em caminhar a 6km/h por 5 minutos, após este período a carga era aumentada em 1% da inclinação a cada minuto, até a exaustão. No grupo não-obeso, o aumento de carga também foi de 1% da inclinação, porém a velocidade inicial era de 8km/h. Não foram encontradas diferenças entre os grupos no  $VO_{2max}$  absoluto, contudo, o  $VO_{2max}$  relativo à massa corporal foi 30,9% mais baixo nas meninas obesas e nos meninos obesos foram 28,68% mais baixo. Os valores de  $FC_{max}$  e RER não diferiram entre os grupos.

Reybrouck *et al.* (1987) avaliaram e compararam o  $VO_2$  submáximo em cinco crianças obesas e 56 não-obesas, na faixa etária dos quatro aos 16 anos. O protocolo consistiu em caminhar a 4,8km/h para as crianças menores que seis anos e para os maiores a velocidade foi de 5,6km/h, a inclinação foi aumentada em 2% a cada 1 minuto até a frequência cardíaca de 170bpm. Foram comparadas as variáveis de  $VO_2$  e FC a 0%, 2%, 4% e 6% de inclinação. O  $VO_2$  absoluto foi superior no grupo obeso, porém, o  $VO_2$  relativo e a FC foram inferiores no grupo obeso quando comparado ao não-obeso, em todas as intensidades. Concluíram que

mesmo em intensidades submáximas os obesos apresentam a capacidade cardiorrespiratória limitada. Os valores de  $VO_{2max}$ , quando expresso em relação à massa corporal total, são menores devido à maior dimensão corporal.

Norman *et al.* (2005) avaliaram adolescentes obesos e não-obesos, na faixa etária dos 12 aos 17,8 anos, na bicicleta ergométrica e no teste de corrida/caminhada de 12 minutos. Os resultados deste estudo revelaram valores similares do  $VO_{2max}$  absoluto, limiar ventilatório expresso em valores absolutos e em percentual de  $VO_{2max}$  obtido na bicicleta, demonstrando uma equivalência de esforço quando a proposta do teste apresenta sustentação da massa corporal entre indivíduos obesos e não-obesos. A  $FC_{max}$  da bicicleta foi inferior nos obesos comparado aos não-obesos. Em intensidades submáximas, na bicicleta, os obesos apresentaram um gasto metabólico superior aos não-obesos. No teste de 12 minutos foi considerada apenas a distância percorrida, a distância dos não-obesos foi maior do que a dos obesos. Os autores concluíram que os obesos apresentam uma limitada tolerância ao exercício físico.

Na revisão de artigos sobre a comparação entre ergômetros em adolescentes obesos e não-obesos foram encontrados apenas dois estudos que comparam obesos (LOFTIN *et al.*; 2004) e não-obesos em diferentes ergômetros (MAFFEIS *et al.*, 1994). Loftin *et al.* (2004) avaliaram o  $VO_{2max}$  de obesos na esteira e bicicleta ergométrica. A amostra desse estudo foi composta por 19 meninas e dois meninos obesos, com idades dos oito aos 15 anos. O protocolo utilizado na esteira com a velocidade constante e o incremento na carga foi de 2% na inclinação a cada 2 minutos, até a exaustão. Na bicicleta ergométrica, cadência foi de 60rpm com a carga inicial de 25w e o aumento de 29w a cada 2 minutos até 118w, após esta

carga o aumento era de 15w a cada 2 minutos, até a exaustão. Os resultados revelaram que não existe diferença nos valores de  $VO_{2max}$  absoluto e relativo à massa corporal obtidos na esteira e bicicleta ergométrica, os valores de  $FC_{max}$  e RER não diferiram entre os ergômetros. Sugerindo assim, que ambos podem ser utilizados para obesos.

Maffeis et al. (1994), compararam o  $VO_{2max}$  de crianças obesas e não-obesas com testes realizados em esteira e bicicleta ergométrica. O protocolo de esteira utilizado foi o mesmo nos dois grupos e iniciou com a velocidade de 2km/h com aumento em 1km/h a cada 2 minutos. Na bicicleta ergométrica foi determinada uma rotação constante de 60rpm, a carga inicial foi de 25w com um aumento de 15w a cada 2 minutos. Na esteira os obesos obtiveram  $VO_{2max}$  absolutos 20,65% mais altos que os não-obesos, na bicicleta não foram encontrados diferenças entre os grupos. O  $VO_{2max}$  relativo à massa corporal obtido na esteira foi 16,61% mais alto e 26,63% na bicicleta nos não-obesos em relação aos obesos. Entretanto essa pesquisa não realizou uma comparação entre os ergômetros utilizados para estabelecer qual o ergômetro mais indicado para o grupo obeso.

A maior parte dos estudos revisados demonstrou que os indivíduos obesos, em função da maior dimensão corporal, apresentam desvantagem quando o  $VO_{2max}$  é expresso como relativo à massa corporal e, dependendo do ergômetro que foi realizada a avaliação, uma equivalência ou maiores valores quando são comparados em termos absolutos. Há dificuldade em estabelecer uma unidade para comparar indivíduos com dimensões corporais diferentes. Dessa forma, autores têm indicado a utilização da escala alométrica para a comparação do  $VO_{2max}$  entre indivíduos com diferentes massas corporais (TURKEY; WILMORE, 1995; EISENMANN; PIVARNIK;

MALINA, 2001; PETTERSEN; FREDRIKSEN; INGJER, 2001; DENCKER *et al.*, 2007).

## 2.4 ESCALA ALOMÉTRICA

A relação entre o tamanho corporal e o metabolismo basal durante o exercício tem interessado pesquisadores há mais de um século (BATTERHAM *et al.*, 1999). A avaliação da capacidade aeróbia é tradicionalmente expressa relativa à massa corporal, no entanto, esse método vem sendo questionado por alguns pesquisadores e está sendo sugerida a regressão ou escala alométrica como um método mais apropriado para minimizar a influência da massa corporal na demanda energética ou no componente fisiológico estudado (NEVILL, 1994; ROGERS; OLSON; WILMORE, 1995; PETTERSEN; FREDRIKSEN; INGJER, 2001).

O expoente alométrico é representado por uma equação de regressão que indica o comportamento de uma variável fisiológica “Y” em relação à variável massa “X” ( $Y = aX^b$ ), sendo que o coeficiente “a” é a característica da espécie analisada e o expoente “b” determina o percentual da massa corporal a ser associada com a variável Y. Quanto mais próximo de 1 for o expoente alométrico (b) menor será a correção da influência na variável estudada (WHITE; SEYMOUR, 2005).

Assim, o expoente alométrico pode ser utilizado para minimizar a influência da massa corporal nas variáveis fisiológicas estudadas (WHITE; SEYMOUR, 2005). No processo de maturação, em que existe uma modificação corporal significativa, o

expoente alométrico é utilizado para estabelecer as mudanças na taxa metabólica com o aumento do tamanho corporal (DEMETRIUS, 2006).

Baseado na lógica de que o calor corporal é dissipado pela superfície do corpo, supôs-se que o metabolismo corporal também seria proporcional a  $2/3$  da superfície corporal, de modo que a taxa de produção de calor dissipada esteja combinada a área de superfície corporal (WHITE; SEYMOUR, 2005). Rubner (1983) foi o primeiro a propor o expoente alométrico como  $2/3$  da área de superfície corporal, entretanto, outros investigadores propuseram diferentes proporções em animais, os mamíferos de grande porte são descritos tipicamente por uma escala de  $3/4$  da massa em relação à variável estudada, entretanto, entre mamíferos pequenos e diversas espécies dos pássaros, a escala é de  $2/3$  (WHITE; SEYMOUR, 2005).

Em humanos, alguns pesquisadores utilizaram-se da escala alométrica para relacionar e comparar o  $VO_{2max}$  entre indivíduos de diferentes tamanhos corporais, ou seja, crianças e adultos, (ROGERS; OLSON; WILMORE, 1995), meninos e meninas (EISENMANN; PIVARNIK; MALINA, 2001; DENCKER *et al.*, 2007) e indivíduos obesos e não-obesos (LOFTIN *et al.* 2001). Outros pesquisadores também analisaram os diferentes esportes através do cálculo do expoente alométrico (JESEN; JOHASEN; SECHER, 2001).

Beunen *et al.* (2001) verificaram a influência do expoente alométrico na potência aeróbia de crianças e adolescentes. Para isso, foi avaliado o  $VO_{2max}$ , em esteira ergométrica, de 73 meninos na faixa etária dos oito aos 16 anos, através de uma transformação logarítmica da massa corporal e  $VO_{2max}$ , para cada idade. O expoente foi mais alto nos meninos de oito anos (0,91) e nas faixas etária dos 14 aos 16 anos, com valores entre 0,92 a 0,90; nos meninos de 9 a 13 anos foram

encontrados os valores mais baixos, de 0,52 a 0,64. Concluindo que em indivíduos em crescimento, o  $VO_{2max}$  apresenta grande variação junto ao aumento do tamanho corporal, fazendo-se necessário a utilização da escala alométrica.

Na comparação entre meninos e meninas o estudo Eisenmann, Pivarnik e Malina (2001) analisou o  $VO_{2max}$ , em esteira ergométrica, de crianças e adolescentes sob a perspectiva da escala alométrica. Foram avaliados 126 crianças e adolescentes de 9 aos 18 anos, de ambos os gêneros. O  $VO_{2max}$  aumentou com a idade, em ambos os gêneros. O expoente alométrico foi de 0,81 nos meninos e 0,61 meninas.

O estudo de Dencker *et al.* (2007) realizado em bicicleta ergométrica, investigou os fatores que determinam as diferenças no  $VO_{2max}$  entre meninos e meninas na faixa etária dos oito aos 11 anos utilizando a escala alométrica. Após a correção, foi encontrado um expoente de 0,47 e concluiu que algumas diferenças de  $VO_{2max}$  não são explicadas somente pelas diferenças na composição corporal, atividade física ou tamanho corporal. Revelando haver uma discordância entre alguns autores a respeito das diferenças entre os gêneros.

Na revisão de artigos, há uma carência de estudos avaliando a aptidão cardiorrespiratória em adolescentes obesos e não-obesos corrigindo os valores pela escala alométrica. Foi encontrada apenas uma pesquisa que avaliou a influência da massa corporal no  $VO_{2max}$  utilizando a escala alométrica em indivíduos obesos e não-obesos na esteira ergométrica (LOFTIN *et al.*; 2001).

Loftin *et al.* (2001) teve como objetivo avaliar e comparar  $VO_{2max}$  de meninas pelo método convencional ( $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ ) e alométrico ( $ml.kg^{-b}.min^{-1}$ ). As meninas apresentavam idades entre sete e 18 anos e foi avaliado o  $VO_{2max}$  na esteira

ergométrica. O protocolo utilizado teve velocidade constante e um aumento em 2% da inclinação a cada minuto. Não foram encontradas diferenças no  $VO_{2max}$  absoluto, porém, no método convencional os obesos foram 50% mais baixo do que os não-obesos. Como foram encontradas diferenças na massa corporal e estatura entre os grupos foi calculado o expoente para cada uma das variáveis. O expoente alométrico foi de 0,48 para os obesos e 0,92 para os não-obesos. Contudo, quando foi ajustada pela escala alométrica a diferença diminuiu para 11% a massa corporal, confirmando que o fator de correção proporciona uma comparação mais verdadeira entre os grupos. Concluíram que o ajuste do  $VO_2$  pela escala alométrica é uma maneira apropriada de comparação do nível de aptidão cardiorrespiratória em grupos com tamanhos corporais diferentes.

O estudo de Jesen, Johasen e Secher (2001) revelaram que o valor do expoente alométrico é diferente dependendo do ergômetro ou modalidade esportiva realizada. Nessa pesquisa foram estudados 967 atletas de 25 diferentes modalidades esportivas. Os atletas simularam o esporte específico; por exemplo, os corredores, jogadores de futebol e handebol foram avaliados na esteira ergométrica. Os coeficientes encontrados diferiram entre as modalidades. Nos atletas do gênero masculino o expoente alométrico encontrado para o ciclismo ( $r=0,74$ ) foi maior quando comparado a corrida ( $r=0,59$ ) e caminhada ( $b=0,19$ ). Entretanto, nas mulheres, foram encontrados maiores valores do expoente alométrico na corrida ( $b=0,91$ ) do que no ciclismo ( $b=0,41$ ). A limitação desse estudo foi avaliar indivíduos diferentes em cada modalidade esportiva, além de utilizar o mesmo coeficiente alométrico ( $b=0,75$ ) na comparação dos atletas.

A correção pela escala alométrica depende do ergômetro utilizado e da superfície corporal do indivíduo analisado (JESEN; JOHASEN; SECHER, 2001). Contudo, raros estudos compararam os valores de  $VO_{2max}$  em ergômetros com e sem sustentação da massa corporal em crianças e adolescentes obesos (LOFTIN *et al.*, 2004; MAFFEIS *et al.* 1994). Apenas um deles considerou o grupo não-obeso como controle (MAFFES, *et al.* 1994). Não foram encontrados estudos que comparassem o  $VO_{2max}$  na esteira e bicicleta ergométrica de indivíduos obesos e não-obesos utilizando a perspectiva da escala alométrica como parâmetro de correção da massa corporal sobre o  $VO_{2max}$ . Revelando assim uma lacuna científica na comparação da aptidão cardiorrespiratória em adolescentes obesos e não-obesos em diferentes ergômetros utilizando a escala alométrica.

O resumo dos principais trabalhos que estudaram o  $VO_{2max}$  em crianças e adolescentes obesos encontra-se no Quadro 1.

QUADRO 1 – RESUMO DAS PESQUISAS QUE COMPARARAM O VO<sub>2</sub>MAX EM CRIANÇAS E ADOLESCENTES OBESOS E NÃO-OBESOS

<b>Autor</b>	<b>Amostra</b>	<b>Ergômetro</b>	<b>Variáveis</b>	<b>Resultados</b>
ZANCONATO <i>et al.</i> , 1989	23 obesos e 37 não-obesos dos oito aos 14 anos.	Esteira	VO <sub>2max</sub> – absoluto	≈ entre os grupos
			VO <sub>2max</sub> – relativo	> nos não-obesos
			FC <sub>max</sub>	≈ entre os grupos
			Carga	> nos não-obesos
MARINOV, KOSTIANEV, TURNOVSKA, 2002	30 obesos e 30 não-obesos dos seis aos 17 anos.	Esteira	VO <sub>2max</sub> – absoluto	> nos obesos
			VO <sub>2max</sub> – relativo	> nos não-obesos
			FC <sub>max</sub>	≈ entre os grupos
			RER	> nos obesos
REYBROUCK <i>et al.</i> 1987	5 obesos e 56 não-obesos dos quatro aos 16 anos	Esteira	VO <sub>2max</sub> – absoluto	> nos não-obesos
EKELUND <i>et al.</i> , 2004	18 obesos e 18 não-obesos dos 14 aos 19 anos	Esteira	VO <sub>2max</sub> – relativo	> nos não-obesos
			VO <sub>2max</sub> – absoluto	≈ entre os grupos
			FC <sub>max</sub>	≈ entre os grupos
			RER	≈entre os grupos
LOFTIN, <i>et al.</i> , 2001	47 obesas e 46 não-obesas dos sete aos 18 anos	Esteira	VO <sub>2max</sub> – absoluto	≈ entre os grupos
			VO <sub>2max</sub> – relativo	> nas não-obesas
			VO <sub>2max</sub> – alométrico	> nas não-obesas
			FC <sub>max</sub>	< nas meninas obesas
			RER	≈ entre os grupos
GORAN <i>et al.</i> , 2000	39 crianças obesas e 39 não-obesas	Esteira	VO <sub>2max</sub> – absoluto	> nos obesos
			VO <sub>2max</sub> – relativo	> nos não-obesos
NOMAN <i>et al.</i> 2005	129 obesos e 34 não-obesos dos 12 aos 18 anos	Bicicleta	RER	≈ entre os grupos
MAFFEIS <i>et al.</i> 1994	14 obesos e 8 não-obesos pré-púberes	Esteira e Bicicleta	VO <sub>2max</sub> – absoluto	> nos obesos em ambos os ergômetros
			VO <sub>2max</sub> – relativo	> nos não-obesos em ambos os ergômetros
			FC <sub>max</sub>	≈entre os grupos em ambos os ergômetros
			RER	
LOFTIN <i>et al.</i> 2004	19 Meninas e dois meninos obesos dos oito aos 14 anos	Esteira e Bicicleta	Carga	
			VO <sub>2max</sub> – absoluto	≈ entre os ergômetros
			VO <sub>2max</sub> – relativo	
			FC <sub>max</sub>	
			RER	
Carga				

NOTA: ≈ - Semelhante, > - maior; < - menor.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 TIPO DE ESTUDO**

Estudo transversal e descritivo (THOMAS; NELSON, 2001).

#### **3.2 PARTICIPANTES**

A amostra foi composta por 87 sujeitos, de ambos os gêneros, com idade entre 10 e 16 anos, selecionada por conveniência e os adolescentes eram provenientes do Ambulatório de Obesidade da Unidade de Endocrinologia Pediátrica do Hospital de Clínicas de Curitiba (HC) e das escolas públicas próximas ao HC.

Os participantes foram divididos em dois grupos de acordo com o diagnóstico de obesidade ou não-obesidade. O grupo obeso foi composto de 54 adolescentes (23 meninos e 31 meninas) e o grupo não-obeso por 33 adolescentes (16 meninos e 17 meninas). Foram excluídos do estudo todos os indivíduos com sobrepeso, os pré-púberes e aqueles que apresentavam contra-indicações para a realização das avaliações.

O cálculo do número de participantes da amostra foi realizado baseado nos dados obtidos no estudo da qualificação. A partir dos dados obtidos na

qualificação foi o calculado o poder estatístico (erro  $\beta$ ) o qual foi de 0,87, totalizando assim, no mínimo 16 indivíduos para cada grupo de meninos e meninas obesos e não-obesos (ANEXO A).

Todos os participantes foram avaliados por uma equipe multidisciplinar após a obtenção do Termo de Consentimento (Apêndices A e B), conforme as normas e aprovação do Comitê de Ética do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná (Anexo C), atendendo a resolução 196/96.

### **3.3 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS**

#### **3.3.1 Local**

A pesquisa foi realizada no Ambulatório do Núcleo de Pesquisa em Qualidade de Vida e no Laboratório de Ergoespirometria do Centro de Pesquisa em Exercício e Esporte do Departamento de Educação Física da Universidade Federal do Paraná.

#### **3.3.2 Avaliações Antropométricas**

As técnicas utilizadas para a obtenção das medidas antropométricas foram realizadas conforme o *Anthropometric Standardization Reference Manual* (LOHMAN; ROCHE; MARTOREL, 1988).

A estatura foi mensurada em centímetros (cm), por meio de estadiômetro de parede, marca *Ayrton Corporation*®, com resolução de 0,1 cm, o indivíduo ficou em posição ortostática, com os pés descalços e unidos, as superfícies posteriores do

calcanhar, cintura pélvica e escapular e região occipital em contato com o instrumento de medida, com a cabeça no plano de *Frankfurt*.

A massa corporal (MC) foi aferida em quilos (kg), por meio de balança marca *Filizola*®, com plataforma, resolução de 100 gramas e capacidade de 150 kg, o avaliado ficou descalço posicionado em pé no centro da plataforma, com os braços ao longo do corpo e utilizando roupas íntimas.

O índice de massa corporal (IMC), expresso em kg por m<sup>2</sup>, foi calculado, utilizando a seguinte equação:

$$\text{IMC (kg/m}^2\text{)} = \frac{\text{MC (kg)}}{(\text{Estatura (m)})^2}$$

A classificação do IMC foi realizada de acordo com percentis para a normalidade (entre 5° e 85°) e obesidade (acima de 95°) propostos pelo *Center for Disease Control and Prevention* (CDC) (KUCZMARSKI *et al.*, 2000) (Anexos D, E e F).

### **3.3.2 Avaliação Clínica**

A avaliação puberal dos indivíduos foi baseada no estadiamento proposto por Tanner (1986) e realizada de forma direta pela pediatra pesquisadora do grupo. As meninas foram avaliadas quanto ao desenvolvimento mamário (M1 – M5) e pilificação pubiana (P1 – P5). Nos meninos foram mensurados os tamanhos testiculares, utilizando o orquidômetro de Prader (T1 – T20), e avaliada a pilificação pubiana (P1 – P5). Foram considerados e excluídos pré-púberes, ou seja, as meninas com desenvolvimento mamário anterior a M2 e ausência de

pilificação; e os meninos com volume testicular menor que 4 ml e ausência de pilificação; como púberes, as meninas com desenvolvimento mamário igual ou maior que M2 e os meninos com volume testicular igual ou maior que 4 ml.

### **3.3.3 Avaliação Cardiorrespiratória**

A aptidão cardiorrespiratória foi avaliada em esteira (marca Ecafix EG 700X) e bicicleta ergométrica (marca Ergofit 167, USA). Foram utilizados os protocolos com intensidade de carga progressiva, de acordo com a faixa etária (ROWLAND, 1990).

O primeiro teste ergométrico foi realizado em esteira e o segundo em bicicleta, respeitando um período de vinte e quatro horas e máximo de uma semana entre os testes. Em estudo anterior não foi evidenciado a influência do aprendizado no ergômetro sobre a realização do segundo teste (LEITE *et al.* 2004). Antes de iniciar os testes, os indivíduos avaliados utilizavam o ergômetro, durante um minuto, para familiarização no equipamento e aquecimento muscular. Durante os testes, a FC foi avaliada com um freqüencímetro (Polar- A1) em intervalos de 30 segundos no teste de esteira e bicicleta.

Na esteira ergométrica, o protocolo utilizado foi o de Balke modificado, mantendo a velocidade fixa em 3,25 mph e inclinação de 6%, com incremento de 2%

a cada 3 minutos, até o esforço máximo (ROWLAND; VARZEUS; WALSH, 1991) (Apêndice D). No cicloergômetro, utilizaram-se o protocolo de McMaster, mantendo-se a cadência fixa de 60rpm, iniciando o teste com a carga de 25 watts (w), com aumento progressivo de carga até o esforço máximo. O aumento de carga foi realizado a cada 2 minutos, para as meninas e meninos com estatura < 1,60m foi aumentado à carga em 25w e em 50w para meninos com estatura ≥ 1,60m (BAR-OR, 1983) (Apêndice E).

Mensurou-se a frequência cardíaca máxima ( $FC_{max}$ ) utilizando freqüencímetro (Polar-A1). Utilizou-se o analisador de gases (ergoespirométrico marca Parvo Medics MMS2400, USA) para avaliação do consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ), o volume de gás carbônico expirado ( $VCO_2$ ) e a ventilação (VE). Calculou-se a razão de troca respiratória (RER), de forma direta a cada 15 segundos de coleta, pela seguinte fórmula:

$$RER = \frac{VCO_2}{VO_2}$$

O teste foi considerado máximo quando os seguintes critérios foram observados: a) exaustão ou inabilidade para manter a velocidade requerida; b) RER ≥ 1,0. A determinação do  $VO_{2max}$  foi estabelecida através das médias dos três maiores valores seguidos obtidos durante o teste máximo (LEITE, 2005).

Para a avaliação do limiar ventilatório (LV) foi realizada de forma cega, por um avaliador experiente, que não tinha conhecimento de qual grupo, ergômetro e gênero pertenciam cada indivíduo analisado. Utilizou-se, o equivalente ventilatório, no qual avalia a relação entre a ventilação com o  $VO_2$  ( $O_2EQV$ ) e  $VCO_2$  ( $CO_2EQV$ ), para confirmação utilizou-se a avaliação da ventilação. O limiar ventilatório foi expresso em percentual do  $VO_{2max}$ .

### 3.3.4 Consumo Máximo de Oxigênio

O  $VO_{2max}$  foi representado por três unidades: 1) valores absolutos ( $l \cdot min^{-1}$ ) neste estudo denominado como  $VO_{2max-abs}$ ; 2) relativo à massa corporal, denominado como método convencional ( $VO_{2max-conv}$ ); 3) método alométrico ( $VO_{2max-alo}$ ).

O  $VO_{2max-abs}$  foi determinado pela utilização da média dos três maiores valores seguidos obtidos no estágio final do teste. O método convencional utilizou o  $VO_{2max}$  em  $l \cdot min^{-1}$ , transformando-o em mililitros divididos pela massa corporal.

Os valores de  $VO_{2max}$  pelo método alométrico foram determinados aplicando a seguinte fórmula matemática a fim de adquirir os valores de  $VO_2$  com os expoentes alométricos (WELSEMAN, ARMSTRONG, 2000):

$$\text{Log } VO_2 (b) = \text{Log } a + b \text{ Log } X$$

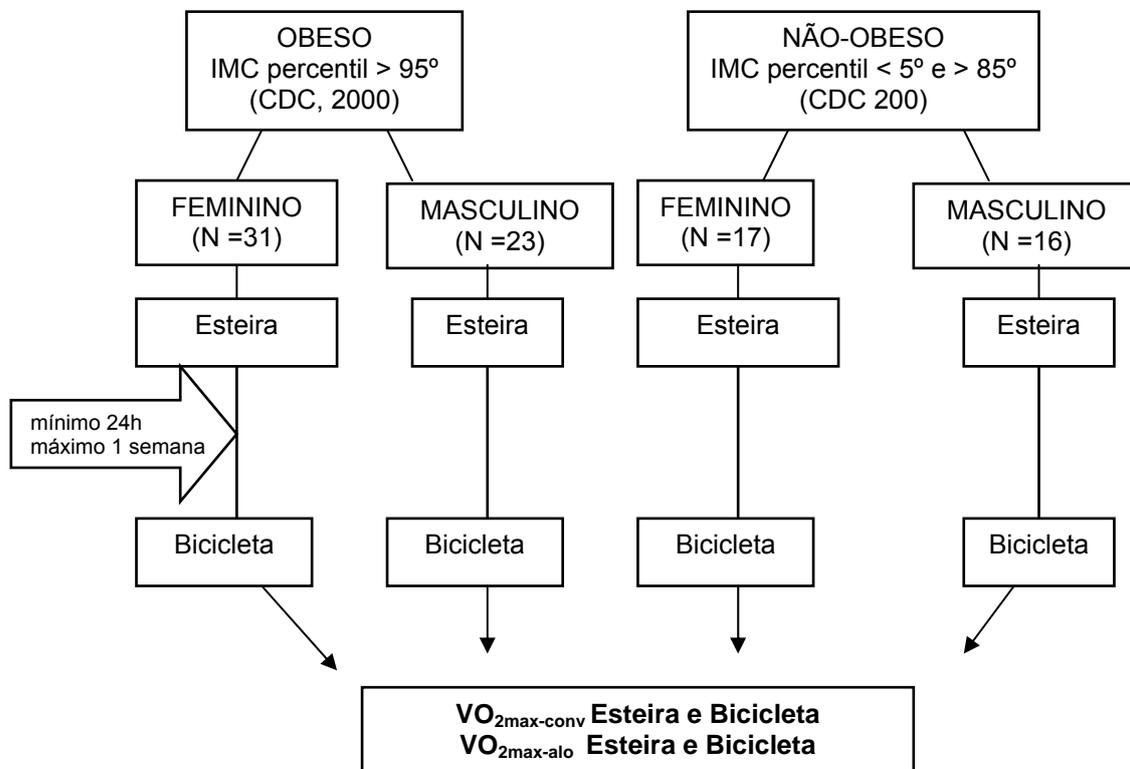
Nota:  $VO_2$ : Consumo máximo de oxigênio em valores relativo ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ )

a:  $VO_2$  em valores absolutos ( $l \cdot min^{-1}$ )

X: massa corporal (kg)

b: expoente alométrico

### 3.4 DESENHO DA PESQUISA



### 3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram apresentados através de estatísticas descritivas, tabelas e gráficos. Utilizou-se o teste de Student para dados pareados para a comparação das médias aritméticas entre os ergômetros. Nas análises entre os grupos e métodos, utilizou-se a ANOVA fatorial. Realizaram-se as análises por meio do programa estatístico Statistica 6.0, considerando um nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ).

## 4 RESULTADOS

Participaram do estudo 87 sujeitos, os quais foram divididos em dois grupos de acordo com a presença ou não de obesidade. O grupo obeso foi composto por 54 sujeitos (23 meninos e 31 meninas) e o grupo não-obeso foi composto por 33 sujeitos (16 meninos e 17 meninas). Houve diferença nas médias de idade entre os meninos do grupo obeso e não-obeso, nas meninas não foram encontrados diferenças. Porém, todos os participantes eram púberes. As médias da massa e IMC foram maiores nas meninas e nos meninos do grupo obeso comparados do grupo não-obeso ( $p < 0,000$ ), consequência da própria caracterização da amostra estudada. As médias de estatura não se diferenciaram entre gêneros e grupos (Tabela 1).

**TABELA 1 – MÉDIA E DESVIO-PADRÃO DAS CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS GRUPOS OBESOS E NÃO-OBESOS, MASCULINO (M) E FEMININO (F)**

Variáveis	Menino			Menina		
	Não-obeso ( $n = 16$ )	Obeso ( $n = 23$ )	p	Não-obesa ( $n = 17$ )	Obesa ( $n = 31$ )	p
Idade (anos)	14,19 ± 1,12	13,01 ± 1,46	$p < 0,05$	14,43 ± 1,57	13,87 ± 1,43	Ns
MC (kg)	51,93 ± 11,17	77,98 ± 14,57	$p < 0,00$	48,39 ± 5,17	84,85 ± 12,15	$p < 0,00$
EST (cm)	163,27 ± 11,91	162,88 ± 9,79	ns	158,56 ± 6,20	161,96 ± 5,58	Ns
IMC ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	19,26 ± 2,02	29,17 ± 3,22	$p < 0,00$	19,22 ± 1,57	32,11 ± 3,87	$p < 0,00$

NOTA: Os valores são médias ± DP  
NS= não significante

Todos os avaliados realizaram o teste cardiorrespiratório máximo em esteira e bicicleta ergométrica. Os critérios pré-estabelecidos como parâmetros máximos, a

FC<sub>max</sub> e o RER não diferiram entre os gêneros e grupos, em ambos os ergômetros. O tempo médio para duração do teste na esteira foi maior nos meninos do grupo não-obeso ( $p < 0,05$ ) do que no obeso, na bicicleta não houve diferença entre os grupos. O limiar ventilatório expresso em percentual de VO<sub>2max</sub> não diferiu entre os gêneros e grupos, em ambos os ergômetros. A carga final obtida no teste em bicicleta foi similar entre os grupos, com os meninos apresentando maiores valores do que as meninas ( $p < 0,000$ ) (Tabela 2).

**TABELA 2 – MÉDIA E DESVIO PADRÃO DA FC<sub>MAX</sub>, RER, %LV, TEMPO DE TESTE EM ESTEIRA (Est) E BICICLETA (Bic) ERGOMÉTRICA DOS INDIVÍDUOS ESTUDADOS, DIVIDIDOS EM OBESOS E NÃO-OBESOS E DE ACORDO COM O GÊNERO**

Variáveis	Menino		p	Menina		p
	Não-obeso (n = 16)	Obeso (n = 23)		Obesa (n = 17)	Obesa (n = 31)	
FC <sub>max</sub> – Est	192,20 ± 12,05	194,95 ± 10,15	ns	196,06 ± 9,76	192,29 ± 10,31	ns
FC <sub>max</sub> – Bic	185,93 ± 13,42	183,27 ± 15,12	ns	188,37 ± 9,88	182,19 ± 10,16	ns
RER – Est	1,00 ± 0,05	1,00 ± 0,1	ns	0,98 ± 0,03	1,01 ± 0,09	ns
RER – Bic	1,02 ± 0,12	0,98 ± 0,04	ns	0,99 ± 0,07	1,00 ± 0,07	ns
% LV – Est	78,70 ± 11,03	80,64 ± 3,96	ns	81,67 ± 22,8	78,42 ± 22,17	ns
% LV – Bic	63,68 ± 14,33	67,80 ± 12,10	ns	70,68 ± 14,85	73,99 ± 8,75	ns
TT – Est	21,06 ± 5,02	13,11 ± 3,93	$p < 0,00$	14,87 ± 4,14	10,42 ± 2,81	ns
TT – Bic	8,01 ± 1,72	8,96 ± 1,65	ns	8,87 ± 1,13	10,42 ± 1,74	ns
Carga - Bic	143,75 ± 44,25	138,04 ± 51,50	ns	104,41 ± 15,89	117,74 ± 27,53	ns

NOTA: Os valores são médias ± DP  
NS= não significante

Ao comparar os ergômetros, foram encontradas maiores valores da FC<sub>max</sub> na esteira do que na bicicleta ergométrica ( $p < 0,05$ ). O limiar ventilatório expresso em percentual de VO<sub>2max</sub> diferiu apenas nos meninos não-obesos ( $p = 0,03$ ), com os

maiores valores na esteira, os demais grupos não apresentaram diferenças. O RER não diferiu entre os ergômetros em todos os grupos (Tabela 2).

Os valores médios do  $VO_{2max-abs}$  foram maiores nos obesos do que nos não-obesos na esteira e não foram encontradas diferenças entre os gêneros. Na bicicleta, os meninos apresentaram maiores valores médios de  $VO_{2max-abs}$  do que as meninas ( $p < 0,00$ ), sem diferenças entre os obesos e não-obesos (Tabela 3).

**TABELA 3 – MÉDIA E DEVIÃO-PADRÃO DO  $VO_{2MAX}$  EM ESTEIRA (EST) E BICICLETA (BIC) ERGOMÉTRICA DOS GRUPOS OBESO E NÃO-OBESO MASCULINO (M) E FEMININO (F).**

Variáveis	Menino			Menina		P
	Não-obeso (n = 16)	Obeso (n = 23)	p	Não-obesa (n = 17)	Obesa (n = 31)	
$VO_{2max-abs}$ Est	2,61 ± 0,72	2,77 ± 0,91	p < 0,05	2,00 ± 0,24	2,80 ± 0,69	p < 0,05
$VO_{2max-abs}$ Bic	2,51 ± 0,66	2,57 ± 0,95	ns	1,82 ± 0,25	2,28 ± 0,40	Ns
$VO_{2max-conv}$ Est	49,81 ± 7,12	37,30 ± 5,74	p < 0,00	41,45 ± 3,85	32,11 ± 4,48	p < 0,00
$VO_{2max-conv}$ Bic	48,23 ± 7,01	32,38 ± 7,44	p < 0,00	37,83 ± 5,24	26,76 ± 4,07	p < 0,00
$VO_{2max-alo}$ Est	68,24 ± 9,76	60,44 ± 14,59	ns	56,78 ± 5,27	58,21 ± 13,2	Ns
$VO_{2max-alo}$ Bic	65,17 ± 9,46	55,85 ± 12,84	p < 0,00	51,12 ± 7,08	47,52 ± 7,82	p < 0,00

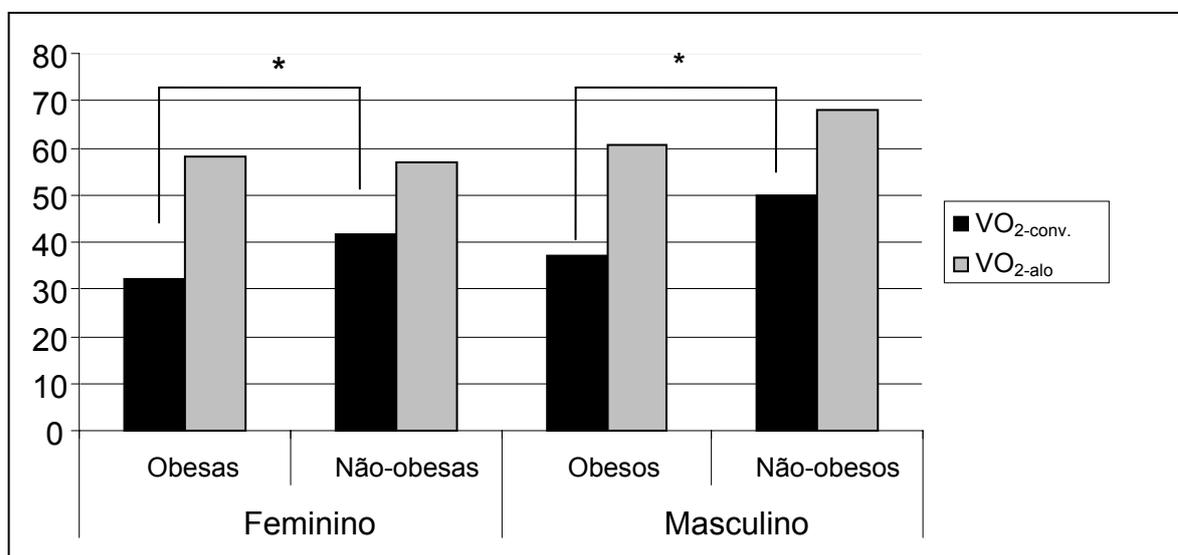
NOTA: Os valores são médias ± DP  
NS= não significante

A correção pela escala alométrica encontrou coeficientes semelhantes para os meninos e meninas obesos, respectivamente, na esteira de 0,57 e 0,59 e na bicicleta de 0,56 e 0,58. O grupo não-obeso apresentou valores iguais em ambos os ergômetros, sendo de 0,78 para o gênero feminino e de 0,73 no masculino.

Na esteira as obesas apresentaram valores de  $VO_{2max-conv}$  menores em 22,53% do que as não-obesas e os meninos obesos, 25,11% mais baixo do que os não-obesos. Os valores de  $VO_{2max-alo}$  foram maiores nos meninos do que nas

meninas ( $p < 0,05$ ). Não foi encontrada diferença entre os obesos e não-obesos no teste em esteira. (Figura 1).

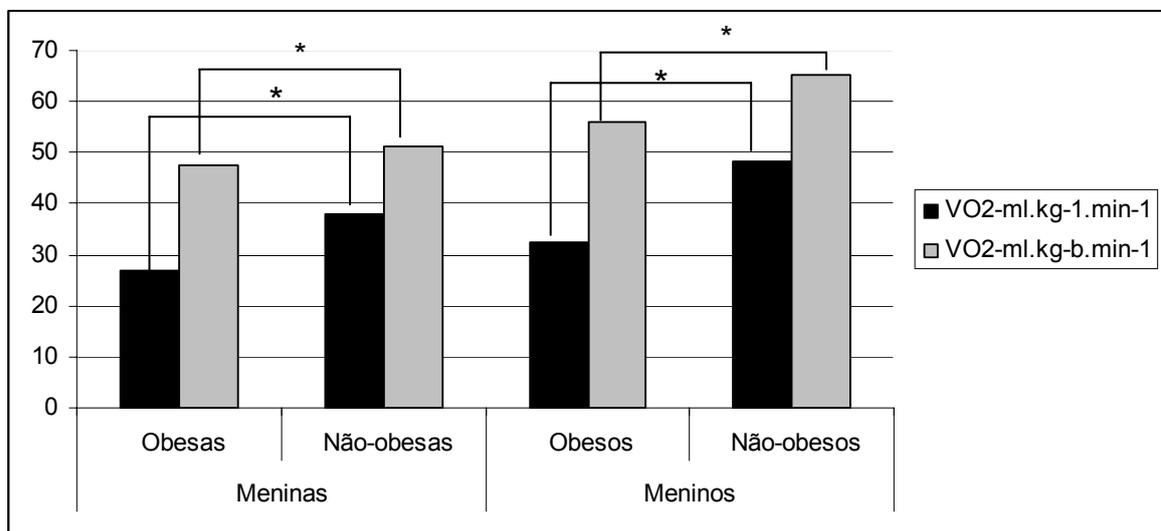
**FIGURA 1** – VALORES DE  $VO_{2MAX}$  NO MÉTODO CONVENCIONAL E ALOMÉTRICO EM ESTEIRA ERGOMÉTRICA NOS INDIVÍDUOS OBESOS E NÃO-OBESOS DIVIDIDOS DE ACORDO COM O GÊNERO



\* - diferença entre os grupos obesos e não-obesos  $p < 0,05$

O teste máximo realizado em bicicleta ergométrica apresentou maiores valores de  $VO_{2max-conv}$  em 32,86% e do  $VO_{2max-alo}$  em 14,30% nos meninos não-obesos em relação aos obesos ( $p < 0,00$ ). Nas meninas não-obesas, o valor médio do  $VO_{2max-conv}$  foi 29,26% maior e 7,04% no  $VO_{2max-alo}$  do que as obesas ( $p < 0,00$ ) (Figura 2).

**FIGURA 2** – VALORES DE  $VO_{2MAX}$  NO MÉTODO CONVENCIONAL E ALOMÉTRICO EM BICICLETA ERGOMÉTRICA NOS INDIVÍDUOS OBESOS E NÃO-OBESOS DIVIDIDOS DE ACORDO COM O GÊNERO



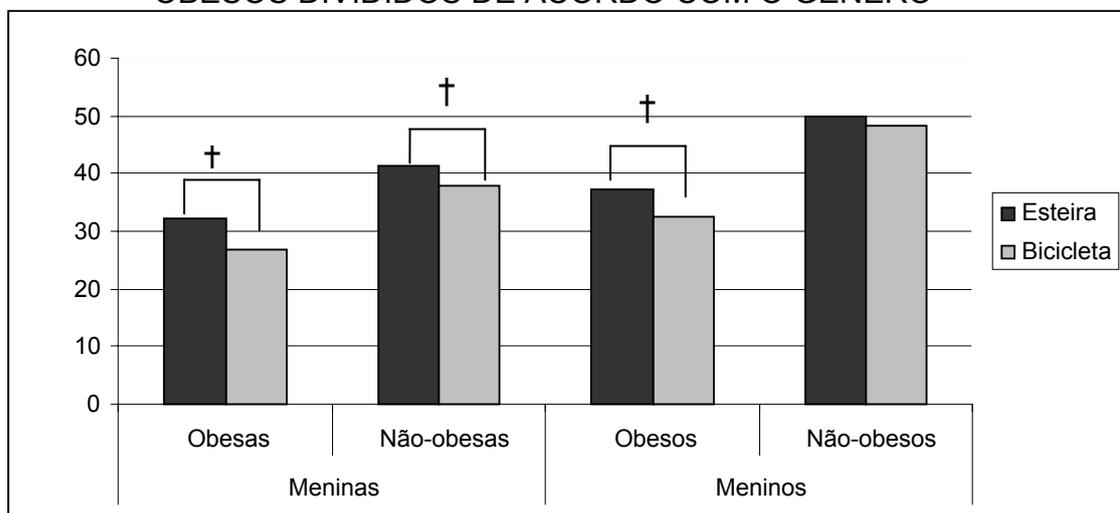
\* - diferença entre os grupos obesos e não-obesos  $p < 0,05$

Ao comparar a média de valores de  $VO_{2max}$  em  $l \cdot min^{-1}$  entre os ergômetros, apenas as meninas de ambos os grupos diferiram, com os maiores valores na esteira. Nos meninos não foram encontradas diferenças entre os valores de  $VO_{2max-abs}$  na esteira e bicicleta ergométrica.

Nos valores médios de  $VO_{2max-conv}$  obtidos em esteira e bicicleta ergométrica, as meninas e os meninos do grupo obeso apresentaram maiores valores na esteira do que na bicicleta ergométrica ( $p < 0,000$ ). As meninas não-obesas apresentaram

maiores valores na esteira ergométrica ( $p = 0,004$ ) do que na bicicleta. Nos meninos não-obesos não foram encontradas diferenças entre os ergômetros (Figura 3).

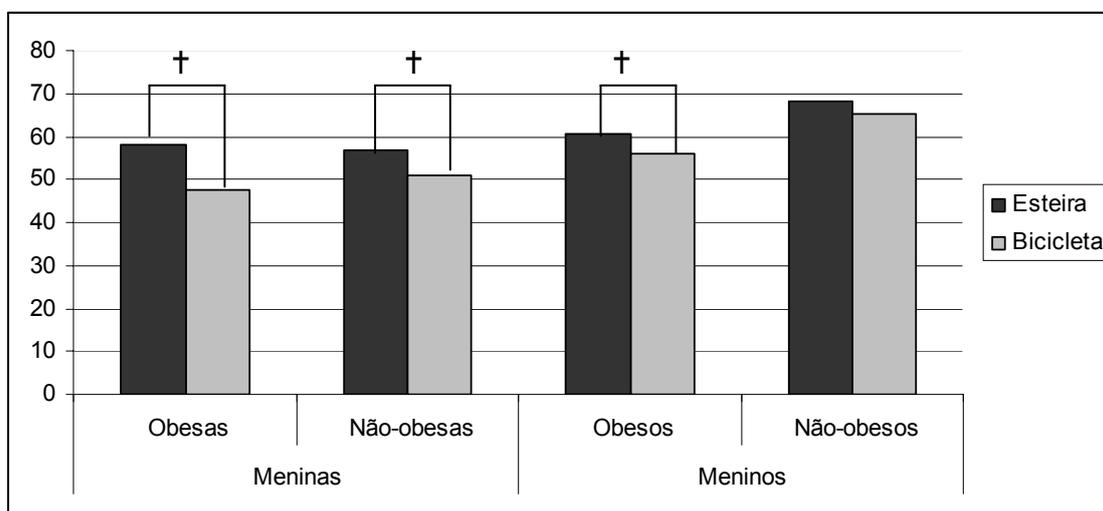
**FIGURA 3** – VALORES MÉDIOS DE  $VO_{2MAX}$  CONVENCIONAL EM ESTEIRA E BICICLETA ERGOMÉTRICA NOS INDIVÍDUOS OBESOS E NÃO-OBESOS DIVIDIDOS DE ACORDO COM O GÊNERO



† Diferença entre ergômetros  $p < 0,05$

No método alométrico, ao comparar os valores de  $VO_{2max-alo}$  obtidos em esteira e bicicleta ergométrica, as meninas e os meninos do grupo obeso apresentaram maiores valores na esteira do que na bicicleta ergométrica ( $p < 0,000$ ), o mesmo ocorreu nas meninas do grupo não-obeso ( $p = 0,001$ ). Nos meninos não foram encontradas diferenças entre os ergômetros nos valores de  $VO_{2max}$  corrigido pela escala alométrica (Figura 4).

**FIGURA 4** – VALORES MÉDIOS DE VO<sub>2</sub>MAX ALOMÉTRICO EM ESTEIRA E BICICLETA ERGOMÉTRICA NOS INDIVÍDUOS OBESOS E NÃO-OBESOS DIVIDIDOS DE ACORDO COM O GÊNERO



† Diferença entre ergômetros p < 0,05

## 5 DISCUSSÃO

A proposta deste estudo foi comparar o volume máximo de oxigênio avaliado na esteira e bicicleta ergométrica, pelo método convencional e alométrico, em adolescentes obesos e não-obesos. Os termos, convencional e alométrico, foram sugeridos em outro estudo para indicar o método utilizado na demonstração dos valores de  $VO_{2max}$ , sendo o convencional relativo à massa corporal e o alométrico corrigido pelo expoente alométrico (LOFTIN *et al.*, 2001).

A avaliação cardiorrespiratória convencional é influenciada pelo tamanho corporal (DENCKER *et al.*, 2001) e o método alométrico tem sido proposto para minimizar esse efeito sobre os valores do  $VO_{2max}$  nos diferentes indivíduos (JESEN; JOHASEN; SECHER, 2001). Além disso, o estágio maturacional deve ser observado, porque há uma íntima relação entre os valores de  $VO_{2max}$  e a fase puberal (GEITHNER, 2004). Especialmente em indivíduos obesos é importante avaliar o estágio maturacional e não apenas a idade cronológica. Wang (2002) revelou que os adolescentes com excesso de massa apresentam uma tendência à maturação mais precoce quando comparados aos não-obesos. O que provavelmente ocorreu neste estudo, em que todos os meninos estavam na fase puberal, porém a idade cronológica foi menor nos meninos obesos do que nos não-obesos.

A variável  $FC_{max}$  depende da idade cronológica (TANAKA; MONAHAN; SEALS, 2001). Alguns autores (LOFTIN *et al.*, 2003; NORMAM *et al.*, 2005) sugerem que a  $FC_{max}$  também sofre influência pela obesidade. Estudo que comparou meninas obesas e não-obesas encontrou valores de  $FC_{max}$  na esteira ergométrica menor nas

obesas ( $192 \pm 9$ ) do que nas não-obesas ( $203 \pm 8$  bpm) (LOFTIN *et al.*, 2003). Resultados semelhantes foram encontrados no trabalho de Normam *et al.* (2005), no qual adolescentes obesos ( $186 \pm 13$  e  $175 \pm 18$  bpm) também apresentavam menores valores do que os não-obesos ( $196 \pm 11$  e  $197 \pm 17$  bpm), em teste de bicicleta e corrida de 12 minutos.

No entanto, outras pesquisas observaram semelhanças na  $FC_{max}$  obtidas em adolescentes obesos e não-obesos, tanto na esteira (ZANCONATO *et al.*; 1989; MARINOV; KOSTIANEV; TURNOVSKA, 2002; EKELUND, *et al.*, 2004), como na bicicleta ergométrica (MAFFEIS *et al.*, 1994). No presente estudo, também não foram encontradas diferenças significativas nas respostas fisiológicas da  $FC_{max}$  entre os grupos obesos e não-obesos. Talvez a diferença na idade cronológica entre obesos e não-obesos tenha minimizado as diferenças na  $FC_{max}$  entre os grupos.

Além da comparação da  $FC_{max}$  entre gêneros e grupos obesos e não-obesos, alguns autores avaliaram as  $FC_{max}$  alcançadas em diferentes ergômetros. Trabalhos relataram valores similares na esteira e bicicleta ergométrica (ARAÚJO; PINTO, 2005; LOFTIN *et al.*, 2004; HERMANSEN; SATLIN, 1966), contudo outros encontraram maiores valores na esteira (TURLEY; WILMORE, 1997). Neste estudo, quando comparada a  $FC_{max}$  obtida nos ergômetros, os testes na esteira ergométrica apresentaram maiores valores do que na bicicleta em todos os grupos. Os maiores valores de  $FC_{max}$  alcançados na esteira podem ser justificados pelo envolvimento de um maior grupo muscular e suporte da massa corporal durante o teste (NEDER; NERY, 2002) (Tabela 2).

Outro parâmetro importante e que também apresenta uma grande flutuação junto a  $FC_{max}$  é o RER (ROWLAND, 1992). No estudo de Loftin *et al.* (2004), os

valores do RER foram similares na esteira ( $0,93 \pm 0,05$ ) e bicicleta ergométrica ( $1,01 \pm 0,08$ ). Em crianças, o estudo de Goran *et al.* (2000) mostrou valores similares entre obesas ( $1,03 \pm 0,05$ ) e não-obesas ( $1,02 \pm 0,07$ ). Corroborando com esses estudos, os valores de RER não diferiram entre os ergômetros na presente pesquisa, em gêneros e grupos.

O limiar ventilatório é um importante parâmetro avaliado, o estudo de Salvadori *et al.* (2004) encontrou em testes em bicicleta ergométrica, valores do limiar anaeróbio menores em indivíduos obesos do que os não-obesos, concluindo que os obesos apresentavam uma condição cardiorrespiratória limitada. Entretanto, a pesquisa de Zanconato *et al.* (1989) encontrou valores do limiar ventilatório semelhante entre obesos e não-obesos, quando expressos em percentuais de  $VO_{2max}$ . No presente estudo, os limiares ventilatórios foram semelhantes entre os grupos, gêneros e ergômetros no grupo obeso. Porém, os meninos não-obesos apresentaram maiores valores na esteira do que na bicicleta, sem diferenças na meninas. Provavelmente os limiares ocorreram no mesmo percentual de  $VO_{2max}$  porque os indivíduos não-obesos eram também sedentários. Geralmente o treinamento físico modifica o percentual do limiar ventilatório em função das adaptações musculares para melhor metabolismo do ácido láctico (SABIA; SANTOS; RIBEIRO, 2002).

O  $VO_{2max}$ , em valores absolutos ( $VO_{2max-abs}$ ) está relacionado diretamente ao tamanho corporal, desta forma, pesquisas relatam maiores valores em adolescentes obesos do que os não-obesos (MAFFEIS *et al.*, 1994; EKELUND *et al.*, 2004; NORMAN *et al.*, 2005) e outros encontraram valores semelhantes entre os grupos (ZANCONATO *et al.*, 1989; LOFTIN *et al.*, 2001). Segundo Ekelund *et al.* (2004), o

fato de o indivíduo obeso apresentar valores de  $VO_{2max}$  absoluto mais elevados ou semelhantes ao não-obesos indica uma capacidade funcional preservada, pois na equação de Fick que relaciona o oxigênio bombeado pelo coração e captado pelo tecidos, revela que coração parece fornecer uma oferta adequada de oxigênio para o tecido muscular. Porém, quando expressos relativos à massa corporal, os obesos pela maior massa corporal, apresentam menores valores do que os não-obesos (ZANCONATO *et al.*, 1989; MAFFEIS *et al.*, 1994; GORAN *et al.*, 2000; LOFTIN, *et al.*; 2001; MARINOV; KOSTIANEV; TURNOVSKA, 2002; EKELUND *et al.*, 2004; LOFTIN *et al.* 2004).

Hermansen e Stalin (1969) compararam o  $VO_{2max}$  relativo à massa corporal em esteira e bicicleta ergométrica e encontraram que, em média, os valores de  $VO_{2max}$  são 10% maiores na esteira do que na bicicleta. Essas diferenças são atribuídas à fadiga muscular localizada e a menor massa muscular envolvida. Em adolescentes obesos, Maffeis *et al.* (1994) encontraram valores absolutos de  $VO_{2max-abs}$  em 9,7% mais elevados na esteira do que na bicicleta ergométrica e relativos à massa corporal na esteira o valor foi 12,9% maior do que a bicicleta ergométrica. Contudo, o estudo de Maffeis *et al.* (1994) obteve uma maior diferença nos valores de  $VO_{2max}$  ao comparar os obesos e não-obesos relativo à massa corporal na bicicleta do que na esteira ergométrica. Entretanto, Loftin *et al.* (2004) encontraram valores de  $VO_{2max}$  relativos em obesos semelhantes tanto na esteira como na bicicleta ergométrica, indicando que ambos os ergômetros podem ser utilizados na avaliação. Revelando haver uma discordância na literatura.

No presente estudo, o grupo obeso apresentou  $VO_{2max-abs}$  superior ao não-obeso no teste em esteira, sem diferenças entre os gêneros. As obesas obtiveram

27% maior  $VO_{2max-abs}$  do que as não-obesas e a diferença foi de 23,52% para os meninos obesos em relação aos não-obesos. Entretanto, na bicicleta o  $VO_{2max-abs}$  não diferiu entre os grupos, foram apenas observado diferenças entre os gêneros, com os meninos apresentando maiores valores do que as meninas. As semelhanças do  $VO_{2max}$  absoluto em bicicleta ergométrica entre obesos e não-obesos podem ser justificadas pela sustentação do corpo durante o teste. Na esteira, o obeso por suportar a massa corporal na execução do teste apresenta uma maior sobrecarga para uma mesma velocidade e inclinação refletindo em um maior valor de  $VO_{2max}$  absoluto.

O presente estudo corroborou com o estudo de Maffei et al. (1994), pois através da análise pelo método convencional as meninas não-obesas apresentaram maior valor de  $VO_{2max-conv}$  em ambos os ergômetros, sendo uma maior diferença na bicicleta (23,79%) do que na esteira ergométrica (18,31%) em relação as meninas obesas. Nos meninos não-obesos o teste em bicicleta foi 31,63% maior do que os obesos, na esteira foi 25,56% maior nos não-obesos do que os obesos. Ao comparar os ergômetros no mesmo grupo, nas meninas obesas os valores de  $VO_{2max-conv}$  foram 16,66% maior na esteira do que na bicicleta, os meninos obesos também apresentaram maiores valores na esteira, com uma diferença de 13,19%. As meninas não-obesas apresentaram valores 8,73% maiores de  $VO_{2max-conv}$  na esteira em relação à bicicleta ergométrica. Somente os meninos do grupo não-obeso apresentaram semelhanças entre os ergômetros em relação ao  $VO_{2max-conv}$ .

Nesta pesquisa, a ausência de diferenças entre o  $VO_{2max}$  na esteira e bicicleta nos meninos não-obesos pode ser resultado do protocolo utilizado na esteira. O teste foi o mesmo para todos os grupos, o qual provocou um tempo longo

de teste para os meninos não-obesos. Provavelmente ocasionaram valores de  $VO_{2max}$  mais baixos na esteira, visto que o tempo recomendado é em média de  $10 \pm 2$  minutos (BUCHFUEHRER *et al.*; 1983). Mas, o tempo do teste maior dos não-obesos foi inevitável, pois a escolha do protocolo neste estudo foi de acordo com as recomendações para a população pediátrica obesa (ROWLAND, 1992). Contudo, mesmo com esta limitação os indivíduos não-obesos apresentaram maiores valores de  $VO_{2max-conv}$  do que os obesos. O estudo de Maffei *et al.* (1994), que comparou obesos e não-obesos, também utilizou o mesmo protocolo para ambos os grupos. Outro estudo (EKELUND *et al.*, 2004) realizou teste máximo na esteira e utilizou diferentes protocolos para os obesos e não-obesos, a principal diferença estava relacionada à velocidade inicial em que os obesos iniciaram com a velocidade de 6km/h e os não-obesos 8km/h, porém a faixa etária desse estudo era maior, de 14 a 19 anos, possibilitando a maior velocidade inicial para o grupo não-obeso.

Com o objetivo de minimizar a influência da massa corporal no  $VO_{2max}$ , autores sugeriram a utilização da escala alométrica (LOFTIN *et al.*, 2001; NEVILL, 1994). Inúmeros estudos passaram a investigar a relação entre o  $VO_{2max}$  e a massa corporal através do expoente alométrico (NEVILL, 1994; BATTERHAN *et al.*, 1999). O modelo proposto por Pettersen, Fredriksen e Ingjer (2001) encontrou um expoente alométrico de 0,64 a 0,88 na faixa etária dos oito aos 16 anos, e particularmente na idade de 12 a 13 anos foi encontrado um  $b=0,86$  nos meninos e 0,64 para as meninas. Rogers, Olson e Wilmore (1995) revelaram valores semelhantes em um grupo púbere ( $b=0,62$ ), entretanto, os demais grupos pré-púberes (0,47) e adultos (1,02) apresentaram diferentes valores. O estudo de Loftin *et al.* (2001) que

comparou meninas obesas e não-obesas na faixa etária dos sete aos 18 anos, encontrou um expoente alométrico, respectivamente de 0,46 e 0,92.

No presente estudo os expoentes alométricos foram semelhantes em ambos os ergômetros, discordando do estudo de Jesen, Johasen e Secher (2001) o qual encontrou um expoente maior na bicicleta do que na esteira. No entanto, ao comparar os grupos obesos e não-obesos observou-se uma diferença entre os grupos, com os maiores valores encontrados no grupo não-obeso, corroborando ao estudo de Loftin *et al.* (2001).

Ao corrigir o  $VO_{2max}$  pelo expoente alométrico pesquisadores revelam reduzir as diferenças entre os grupos estudados (PETTERSEN; FREDRIKSEN; INGJER, 2001; ROGERS; OLSON; WILMORE, 1995). Estudo de Loftin *et al.* (2001) encontrou um  $VO_{2max-conv}$  de aproximadamente 50% mais baixo nas meninas obesas, entretanto, ao corrigir a estatura e a massa corporal pela escala alométrica esta diferença caiu para 10 e 11%, respectivamente, quando comparadas às não-obesas.

No presente estudo, ao corrigir o  $VO_{2max}$  pelo expoente alométrico a diferença entre os grupos desaparecem na esteira, porém com uma diferença entre os gêneros. Os meninos obesos apresentaram valores 3,6% maiores do que as meninas, os não-obesos 16,79% maior do que as não-obesas. Desta forma, o teste realizado em esteira revelou que o excesso de massa corporal refletiu em menor valor de  $VO_{2max-conv}$ , mas quando corrigido pelo expoente alométrico as diferenças desapareceram.

Entretanto, na bicicleta, mesmo com a correção do expoente alométrico, foram observadas diferenças entre os grupos, os meninos não-obesos apresentaram valores 14,30% maior que os obesos, as meninas não-obesas apresentam um

$VO_{2\max-alo}$  de 7,04% maiores do que as obesas. Ao comparar os gêneros, no grupo obeso os meninos apresentaram valores em 14,91% maiores do que as meninas, nos não-obesos a diferença foi de 21,56%, com os maiores valores nos meninos.

Contudo os valores em  $VO_{2\max-abs}$  foram similares entre os grupos. Provavelmente porque na bicicleta ergométrica, com a sustentação do corpo no selim, houve a minimização da influência da massa corporal na avaliação da aptidão cardiorrespiratória, permitindo um teste máximo com cargas de trabalho semelhantes entre grupos obesos e não-obesos.

## 6 CONCLUSÃO

Nesta pesquisa os valores de  $VO_{2max}$  pelo método convencional obtidas no teste em esteira ergométrica foram menores nos obesos do que nos não-obesos, porém quando o  $VO_{2max}$  foi expresso pelo método alométrico a diferença entre os grupos desapareceu. Sugerindo que a aplicação deste método auxilia na comparação do  $VO_{2max}$  de indivíduos com tamanhos corporais diferentes, quando o ergômetro exige que o indivíduo suporte a massa corporal durante o teste ergométrico.

Na bicicleta, os valores de  $VO_{2max}$  absoluto e a carga final do teste foram semelhantes entre os grupos obeso e não-obeso, indicando que ambos os grupos tiveram a mesma capacidade em suportar a carga de trabalho aplicada. Porém, quando o  $VO_{2max}$  foi dividido pela massa corporal os valores foram maiores no grupo não-obeso do que no obeso e as diferenças permaneceram mesmo quando a massa foi corrigida pelo expoente. Considerando que a carga final de trabalho no teste em bicicleta ergométrica e o  $VO_{2max}$  absoluto foram semelhantes entre obesos e não-obesos, questiona-se a importância investigar as diferenças pelo método convencional ou pelo alométrico em indivíduos com dimensões diferentes, quando a influência da massa corporal foi minimizada pelo apoio no selim.

A comparação entre os ergômetros neste estudo revelou que no grupo obeso e nas meninas não-obesas os valores médios de  $VO_{2max}$  foram superiores na esteira em relação à bicicleta ergométrica. No entanto, a bicicleta, pela característica de sustentar a massa corporal, através do selim, pela equivalência de carga de

trabalho encontrada nesta pesquisa, entre os obesos e não-obesos, foi um ergômetro que facilitou a comparação da condição cardiorrespiratória do avaliado.

A utilização da escala alométrica foi mais adequada para a comparação do  $VO_{2max}$  de adolescentes obesos e não-obesos, quando o ergômetro exigiu o suporte do peso corporal para a execução do teste. Esta pesquisa demonstrou a importância de uma correção mais justa pela escala alométrica do que a simples divisão do  $VO_{2max}$  pela massa corporal nos testes realizado em esteira. Sugerem-se novos estudos que avaliem  $VO_{2max}$  de indivíduos obesos em diferentes ergômetros, faixas etárias e averiguar a influência da massa corporal através do método alométrico.

## REFERÊNCIAS

AGRAS, S.W.; HAMMER, L.D.; MCNICHOLAS, F.; KRAEMER, HC. Risk factors for childhood overweight: a prospective study from birth to 9.5 years. **The Journal of Pediatrics**, v. 145, p. 20-25, 2004

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE ACSM'S Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 5ª Edition, 2006

AMERICAN THORACIC SOCIETY/ AMERICAN COLLEGE OF CHEST PHYSICIANS. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 167, p. 211- 277, 2003.

ARAÚJO, C.G.; PINTO, V.L.M. Frequência cardíaca máxima em testes de exercício em esteira rolante e em cicloergômetro de membros inferiores. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, v. 85, n.1, p. 45-49, 2005.

ARMSTRONG, N.; WELSMAN, J.R.; NEVILL, A.M.; KIRBY, B.J. Modeling growth and maturation changes in peak oxygen uptake in 11–13 yr olds. **Journal of Applied Physiology**, v. 87, n. 6, p. 2230–2236, 1999.

AYUB, B.V.; BAR-OR, O. Energy cost of walking in boys who differ in adiposity but are matched for body mass. **Medicine Science in Sports Exercise**, v. 35, n. 4, p. 669-674, 2003.

BAR-OR, O. **Pediatric Sports Medicine for the Practitioner**. New York: Springer-Verlag, p. 315-338, 1983.

BAR-OR, O. Juvenile obesity, physical activity, and lifestyle changes., **The Physician and Sports medicine**, v. 28, n.11, p. 51-58, 2000.

BARUKI, S.B.S.; ROSADO, L.E.F.; ROSADO, G.P.; RIBEIRO, R.C.L. Associação entre estado nutricional e atividade física em escolares da Rede Municipal de Ensino em Corumbá – MS. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 12, n. 2, p. 90-94, 2006.

BASSET, D.R.; HOWLEY, E. T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. **Medicine Science in Sports Exercise**, v. 32 n. 1, p. 70-84, 2000.

BATTERHAM, AM., VANDERBURGH, PM, MAHAR, MT, JACKSON, AS. Modeling the influence of body size on VO<sub>2</sub>peak: effects of model choice and body composition. **Journal of Applied Physiology**, v 87, n.4, p.1317–1325, 1999.

BERKEY, C. S.; ROCKETT, H. R. H.; FIELD, A. E.; GILLMAN, M. W.; FRAZIER, A. L.; CAMARGO JR, C. A.; COLDITZ, G. A. Activity, dietary intake, and weight changes in a longitudinal study of preadolescent and adolescent boys and girls. **Pediatrics**, v. 105, n. 4, p. 1-9, 2000.

BRACCO, M. M.; FERREIRA, M. B. R.; MORCILLO, A. M.; COLUGNATI, F.; JENOVES, J. Gasto energético entre crianças de escola pública obesas e não obesas. **Revista Brasileira de Ciência do Movimento**, v. 10, n. 3, p 29-35, 2002

BUCHFUEHRER, MJ; HANSEN, JE; ROBINSON, TE; SUE, DY; WASSERMAN, K; WHIPP, BJ. Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. **Journal of Applied Physiology**, v.55, n.5, p. 1558-1564,1983.

BEUNEN, G.; BAXTER-JONES, A. D. G.; MIRWALD, R. L.; THOMIS, M.; LEFEVRE, J.; MALINA, R.; BAILEY, D.A. Intraindividual allometric development of aerobic power in 8- to 16-year-old boys. **Medicine Science in Sports Exercise**, v. 33, n. 3, p. 503-510, 2002.

CARNEIRO, J. R. I; KUSHNIR M. C.; CLEMENTE, E. L. S. BRANDÃO, M. G.; GOMES, M. B. Obesidade na adolescência: fator de risco para complicações clínico-metabólicas. **Arquivo Brasileiro de Endocrinologia e Metabologia**, v. 44, n. 5, p. 390-396, 2000

DAVIS, J.A.; STORER, T.W.; CAIOZZO, V.J.; PHAM, P.H. Scaling of lactate threshold by peak oxygen uptake and by fat-free mass<sup>0.67</sup>. **Clinical Physiology Functional Imaging**, n. 27, p.138–143, 2007.

DE ROSE EH, RIBEIRO JP. Avaliação da capacidade de processar energia. Sistema aeróbico e anaeróbico. In: Pini MC, organizador. Fisiologia do Esporte Rio de Janeiro- RJ 1983:142-62

DEFORCHE, B.; LEFEVRE, J.; BOURDEAUDHUIJ, I. D.; HILLS, A P.; DUQUET, W.; BOUCKAERT, J. Physical fitness and physical activity in obese and nonobese Flemish youth. **Obesity Research**, v. 11, p.434–441, 2003

DEMETRIUS, L. The origin of allometric scaling laws in biology. **Journal of Theoretical Biology**, v. 243, p. 455–467, 2006.

DEMPESEY, J.A.; REDDAN, W.; BALKE, B.; RANKIN, J. Work capacity determinants and physiologic cost of weight-supported work in obesity. **Journal of Applied Physiology**, v. 21 n. 6, p. 1815-1820, 1966.

DENCKER, M.; THORSSON, O.; KARLSSON, M.K.; LINDÉN, C.; EIGBERG, S.; WOLLMER, P.; ANDERSEN, L.B. Gender differences and determinants of aerobic fitness in children aged 8-11 years. **Journal of Applied Physiology**, v. 99, p. 19-26, 2007.

II DIRETRIZ DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA SOBRE TESTE ERGOMÉTRICO. Arquivo Brasileiro de Cardiologia, v. 78, supl. II, p. 3-16, 2002

DOCHERTY, David. LUC LEGER. **Measurement in pediatric exercise science – Canadian Society Exercise Physiology**. 1996

EDWARDS, R.D. Public transit, obesity, and medical costs: Assessing the magnitudes. **Preventive Medicine**, v. 46, p. 14–21, 2008.

EISENMANN, J.; PIVARNIK, J.M.; MALINA, R.M. Scaling peak  $\dot{V}O_2$  to body mass in young male and female distance runners. **Journal of Applied Physiology**, v. 90, p. 2172–2180, 2001.

EKELUND, U.; FRANKS, P.; WAREHAM, N.; ÅMAN, J. Oxygen uptakes adjusted for body composition in normal-weight and obese adolescents. **Obesity Research**, v. 12, n.3, p. 513-520, 2004.

FERNANDEZ, A C.; MELLO, M. T.; CASTRO, P. M.; FISBERG, M. Influência do treinamento aeróbio e anaeróbio na massa de gordura corporal de adolescentes obesos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 10, n.3, p. 152-158, 2004.

FLETCHER, G. F.; BALADY, G.J.; AMSTERDAM, E. A. CHAITMAN, B.; ECKEL, R.; FLEG, J.; FROELICHER, V. F.; LEON, A.; PINˆA, I. L.; RODNEY, R.; SIMONS-

MORTON, D. G.; WILLIAMS, M. A.; BAZZARRE, T. Exercise Standards for Testing and Training A Statement for Healthcare Professionals From the American Heart Association. **Circulation**, v. 104, p. 1694-1740, 2001.

FRANK, L.D.; ANDRESEN, M.A.; SHMID, T.L. Obesity Relationships with Community Design, Physical Activity, and Time Spent in Cars. **American Journal of Preventive Medicine**, v. 27, n. 2, p. 87–96, 2004.

GASKILL, S. E., RUBY, B. C., WALKER, A. J., SANCHEZ, O. A., SERFASS, R. C., LEON, A. S. Validity and reliability of combining three methods to determine ventilatory threshold. **Medicine Science in Sports Exercise**, v. 33, n.11, p. 1841-1848, 2001

GEITHNER, C. A; THOMIS, M. A; EYNDE, B.; MAES, H.; LOOS, R.; PEETERS, M.; CLAESSENS, A.; VLIENTINCK, R.; MALINA, R.M.; BEUNEN, G.P. Growth in Peak Aerobic Power during Adolescence. **Medicine Science in Sports Exercise**, v. 36, n. 9, p. 1616–1624, 2004

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**, v. 24, p. 841-848, 2000.

HAMER, M.; CHIDA, Y. Active commuting and cardiovascular risk: A meta-analytic review. **Preventive Medicine**, v. 46, p. 9–13, 2008.

HANCOX, R.J.; MILNE, B.; POULTON; P. Association between child and adolescent television viewing and adult health: a longitudinal birth cohort study. **Lancet**, 364, p. 257–262, 2004.

HARMANSEN, L.; SALTIN, B. Oxygen uptake during maximal treadmill and bicycle exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 26, n. 1, p. 31-37, 1969.

JANSSEN, I.; KATZMARZYK P. ; BOYCE, C.; VEREECKEN, C.; MULVIHILL, C.; ROBERTS, C.; CURRIE, W.; PICKETT, W. Comparison of overweight and obesity prevalence in school-age youth from 34 countries and their relationships with physical activity and dietary patterns. **Obesity Reviews**, v. 6, p. 123-132, 2005.

JANSSEN, I.; KATZMARZYK, P.T.; ROSS, R.; LEON, A.S.; SKINNER, J.S.; WILMORE, J.H.; RANKINEN, T.; BOUCHARD, C. Fitness alters the associations of

BMI and waist circumference with total and abdominal fat. **Obesity Research**, v. 12, p. 525–537, 2004.

JESEN, K.; JOHASEN, L.; SECHER, N.H. Influence of body mass on maximal oxygen uptake: effect of simple size. **Journal of Applied Physiology**, v. 84, p. 201-205, 2001.

KANG, H S.; GUTIN, B. Physical training improves insulin resistance syndrome markers in obese adolescents. **Medicine and Science in Sport and Exercise**, v.34, n. 12, p 1920-1927, 2002.

KARILA C.; BLIC, J.; WAERNESSYCKLE S.; BENOIST, M.; SCHEINMANN, P. Cardiopulmonary Exercise Testing in Children An Individualized Protocol for Workload Increase. **CHEST**. v.120, n. 1, p. 81-87 2001.

KATCH, V.; BÉQUER, D.; MARKS, C.; MOOREHEAD, C.; ROCCHINI, A. Oxygen uptake and energy output during walking of obese male and female adolescents. **The American Journal Clinical Nutrition**, v. 47, p. 26-32, 1988.

KAUFMAN, C.; KELLY, A S.; KAISER, D. R.; STEINBERGER, J.; DENGEL, D. R. Aerobic-exercise trainig improves ventilatory efficiency in overweight children. **Pediatric Exercise Science**. v.19, p. 82-92, 2007.

KUCZMARSKI, R.J.; OGDEN, C.L.; GUO, S.S.; GRUMMER-STRAWN, L.M., et al. **CDC growth charts**: United States. Advance data from vital and health statistics; n. 314. Hyattsville, Maryland: National Center for Health Statistics, 2000.

KUSCHNIR, M.C.C.; MENDONÇA, G.A.S. Fatores de risco associados à hipertensão arterial em Adolescentes. **Jornal de Pediatria**, v. 83, n. 4, p. 335-342, 2007

LEITE, N.; RADOMINSKI, R. B.; LOPES, W. A.; CARVALHO, S. P; MILANO, G. E.; REZENDE, B. A.; BENITIS, M.; BISCOUTO, T.; MENDES, R. A. Familiarization of obese adolescents during exercise test with spiroergometer. **Journal of the International Federation of Physical Education**, v. 74, Special Edition, p. 99-102, 2004b.

LEITE, N. Obesidade Infanto-juvenil: efeito da atividade física e da orientação nutricional sobre a resistência a insulina. **Tese de doutorado Universidade Federal do Paraná**. 2005.

LINDSTRÖM, M. Means of transportation to work and overweight and obesity: A population-based study in southern Sweden. **Preventive Medicine** v. 46, p. 22–28, 2008.

LOFTIN, M.; SOTHERN, M.; WARREN, B. ;UDALL, J. Comparison and VO2 peak during treadmill and cycle ergometry in severely overweight youth. **Journal of sports Science an Medicine**, v.3, p. 254-260, 2004.

LOFTIN, M., SOTHERN, M., VANVRANCKEN, C., O'HANLON, A.; UDALL, J. Effect of obesity status on heart rate peak in female youth. **Clinical Pediatrics**, v. 42, p. 505-510, 2003.

LOFTIN, Mark; SOTHEEN, Melinda; TRODCLAIR, LAURA; O'HANLON, Ann; MILLER, James; UDALL, Jonh. Scalin VO2 peak in obese and non-obese girl. **Obesity Reviews**, v. 9, p. 290-296, 2001.

LOHMAN, T.G.; ROCHE, A.F.; MARTOREL, R. **Anthropometrics standartization reference manual**. Illinois: Human Kinetics, 1988.

MAFFEIS, C. SCHENA, F.; ZAFFANELLO, M.; ZOCCANTE, L. SCHULTZ, Y.; PINELLI, L. Maximal aerobic power during running and cycling in obese and non-obese children. **Acta Paediatric**, v 83; p. 223-226, 1994.

MARINOV, B.; KOSTIANEV, S.; TURNOSKA, T. Ventilatory efficiency and rate of perceived exertion in obese and non-obese performing standardized exercise. **Clinical Physiology and Funcional Imagig**, v. 22, n. 4, p. 254-260, 2002.

MARTÍNEZ, JA, MORENO, MJ, MARQUES-LOPES, I, MARÍ, A. Causas de obesidad. **Anales Sis San Navarra**, v.25, s.1, p. 17-27, 2002.

MCCORMACK, G.R.; CORTI, B.G.; BULSARA, M. The relationship between destination proximity, destination mix and physical activity behaviors. **Preventive Medicine**, v. 46, p. 33–40, 2008.

MEHTA, N.K.; CHANG, V.W. Weight Status and Restaurant Availability A Multilevel Analysis. **American Journal of Preventive Medicine**, v. 34, n. 2, p. 127–133, 2008.

MYERS, J.; BUCHANAN, N; SMITH, D., NEUTEL, J.; BOWES, E.; WALSH, D.; FROELICHER, VF. Individualized Ramp Treadmill Observations on a New Protocol. **Chest**, 101, p. 236-241, 1992.

NEDER, J.A.; LERARIO, M. C.; CASTRO, M. L.; SACHS, A.; NERY, L.E. Peak V' O<sub>2</sub> correction for fat-free mass estimated by anthropometry and DEXA. **Medicine Science in Sports Exercise**, v. 33, n. 11, p. 1968–1975, 2001.

NEDER, J.A.; NERY, L.E. Teste de Exercício Cardiopulmonar. **Jornal de Pneumologia**, v. 28, supl. 3, 2002.

NEDER, J.A.; NERY, L.E. **Fisiologia clínica do exercício: teoria e prática**. 1ª Edição. São Paulo: Artes Médicas, 2003. v. 1.

NEOVIUS M, LINNÉ Y, BARKELING B, RÖSSNER S. Discrepancies between classification systems in childhood obesity. **Obesity Reviews**, v. 5, p. 105-114, 2004.

NEVILL. A.M. The need to scale for differences in body size and mass: an explanation of Kleiber's 0.75 mass exponent. **Journal of Applied Physiology**, v.77, n.6, p. 2870-2873, 1994.

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**, v.115, p. 690–696, 2005.

Organização Mundial da Saúde. **Obesidade: prevenindo e controlando a epidemia global**. São Paulo: Roca, 2004

ORTEGA, F.B.; RUIZ, J.R.; CASTILLO, M.J.; SJÖSTRÖM, M. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. **International Journal of Obesity**, v. 32, p. 1-11, 2008.

PARIDON, S. M.; ALPERT, B. S.; BOAS, S. R.; CABRERA, M. E.; CALDARERA, L. L.; DANIELS, S. R.; KIMBALL, T. R.; KNILANS, T. K. NIXON, P. A.; RHODES, J.;

YETMAN, A. T. Clinical Stress Testing in the Pediatric Age Group A Statement From the American Heart Association Council on Cardiovascular Disease in the Young, Committee on Atherosclerosis, Hypertension, and Obesity in Youth. *Circulation*, v.113, p. 1905-1920, 2006.

PETTERSEN, S.A.; FREDRIKSEN, P.M.; INGJER, S. The correlation between peak oxygen uptake (VO<sub>2</sub>peak) and running performance in children and adolescents. Aspects of different units. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 11, p. 223–228, 2001.

REYBROUCKS, T.; MERTENS,L.; SCHEPERS, D.; VINCKIX, J.; GEWILLING,M. Assessment of cardiorespiratory exercise function in obese children and adolescents by body mass-independent parameters. **European Journal of Applied Physiology**, v.75, p. 478-483, 1997.

REYBROUCKS, T.; WEYMANS, J.; VINCKX, J.; STIJNS, H.; VANDERSCHUEREN, M. L. Cardiorespiratory function during exercise in obese children. **Acta Paediatric Scandinavian**, v. 76, p. 342-348, 1987.

RODRIGUES AN, PEREZ AJ, CARLETTI L, BISSOLI NS, ABREU GR. Maximum oxygen uptake in adolescents as measured by cardiopulmonary exercise testing: a classification proposal. **Jornal de Pediatria**, v. 82, p.426-430, 2006.

ROGERS, D.M.; OLSON, B.L.; WILMORE, J.H. Scaling for the VO<sub>2</sub>-to-body size relationship among children and adults. **Journal of Applied Physiology**, v. 79, n. 3, p. 958-967; 1995;

ROWLAND, T.W. **Exercise and children's health**. Champaign: Human Kinetics Books, 1990.

ROWLAND, T.W.; CUNNINGHAM, L.N. Oxygen Uptake Plateau during Maximal Treadmill Exercise in Children. **Chest**, v. 101, p.485-489, 1992.

SABIA, R.V.; SANTOS, J.E.; RIBEIRO, R.P.P. Efeito da atividade física associada à orientação alimentar em adolescentes obesos: comparação entre o exercício aeróbio e anaeróbio. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 10, n. 5, p. 349-355, 2004.

SALVATORI, A.; FANARI, P.; DWORZAK, F.; AZAN, G.; BRUNANI, G.; TOVAGLIERI, I.; LUZI, L; LONGHINI, E. Respiratory and metabolic responses during

exercise and skeletal muscle morphology in obese. **Sports Sci Health** , v. 1, p. 47-54, 2004.

TANAKA, H.; MONAHAN, K.D.; SEALS, D.R. Age-Predicted Maximal Heart Rate Revisited. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 37, n. 1, p. 153-156 , 2001

TANNER, J. M. Normal growth and techniques of growth assessment. **Clinics in Endocrinology and Metabolism**, v. 15(3), p. 411-451, 1986.

TAYLOR, HL; BUSKIRK, E.; HENSCHEL A. Maximal Oxygen Maximum oxygen intake as an Objective Measure of Cardio-respiratory performance. **Journal of Applied Physiology**, v.8, p. 73-80, 1955.

THE FOURTH REPORT ON THE DIAGNOSIS, EVALUATION AND TREATMENT OF HIGH BLOOD PRESSURE IN CHILDREN AND ADOLESCENTS. **Pediatrics**, v. 114, n. 2, p. 555-576, 2004.

THOMAS, J. R.; NELSON, J. **Metodologia de Pesquisa em Educação Física**. Editora Artmed, 3aEdição, 2002.

TÖRÖK, K.; SZELÉNYI, Z.; PÖRZÁSZ, I.; MOLNÁR, D. Low physical performance in obese adolescent boys with metabolic syndrome. **International Journal of Obesity**, v. 25, p.966-970, 2001.

TURLEY, K. R.; WILMORE, J. H. Cardiovascular responses to treadmill and cycle ergometer exercise in children and adults. **Journal of Applied Physiology**, v. 83, n. 3, p. 948–957, 1997.

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**, n.1148, p. 614-617, 1989.

YANCEY, A.K.; WOLD, C.M.; MCCARTHY, W.J.; WEBER, M.D.; LEE, B.; SIMON, P.A.; FIELDING, J.E. Physical Inactivity and Overweight Among Los Angeles County Adults. **American Journal of Preventive Medicine**, v. 27, n.2, p.146–152, 2004

WANG, Y. Is Obesity Associated With Early Sexual Maturation? A Comparison of the Association in American Boys Versus Girls. **Pediatrics**, v. 110, p.903-910, 2002.

WASSERMAN, K.; WHIPP, B.J., KOYAL, S.N.; BEAVER, W.L. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 35, n. 2, p. 236-443, 1973.

WEN, L.M.; RISSEL, C. Inverse associations between cycling to work, public transport, and overweight and obesity: Findings from a population based study in Australia. **Preventive Medicine**, v. 46, p. 29–32, 2008.

WELSMAN, J.R; ARMSTRONG N. Statistical Techniques for Interpreting Body Size-Related Exercise Performance During Growth. **Pediatric Exercise Science**, v.12, p.112-127, 2000.

WHITE, C.R.; SEYMOUR, R.S. Sample size and mass range effects on the allometric exponent of basal metabolic rate. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.142, p. 74-78, 2005.

WHITE, C.R.; SEYMOUR, R.S. Allometric scaling of mammalian metabolism. **The Journal of Experimental Biology**, v. 208, p. 1611-1619, 2005.

WILMORE e COSTILL. **Fisiologia do Exercício**. Editora Manole, 1ª edição, São Paulo-SP 2001.

## APÊNDICES

<b>APÊNDICE A</b>	- TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO OBESOS .....	73
<b>APÊNDICE B</b>	- TERMO DE CONSENTIMENTO PARA ADOLESCENTE NÃO-OBESOS .....	75
<b>APÊNDICE C</b>	- PROTOCOLO TESTE DE BALKE .....	77
<b>APÊNDICE D</b>	- PROTOCOLO TESTE DE MCMASTER .....	78
<b>APÊNDICE E</b>	- <b>TABELA 4</b> - INTERVALO DE CONFIANÇA DAS CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS GRUPOS OBESOS E NÃO-OBESOS, MASCULINO (M) E FEMININO (F).....	79
<b>APÊNDICE F</b>	- <b>TABELA 5</b> - INTERVALO DE CONFIANÇA DA $FC_{MAX}$ , RER, %LV, TEMPO DE TESTE EM ESTEIRA (EST) E BICICLETA (BIC) ERGOMÉTRICA DOS GRUPOS OBESOS E NÃO- OBESOS, MASCULINO (M) E FEMININO (F).....	80
<b>APÊNDICE G</b>	- <b>TABELA 6</b> - INTERVALO DE CONFIANÇA PARA AS VARIÁVEIS DO $VO_{2MAX}$ EM ESTEIRA (EST) E BICICLETA (BIC) ERGOMÉTRICA DOS GRUPOS OBESOS E NÃO- OBESOS, MASCULINO (M) E FEMININO (F) .....	81

## **APÊNDICE A - Termo de consentimento livre e esclarecido para grupo obeso**

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

- a) Seu filho (a) tem um tipo de doença denominada de **Sobrepeso e Obesidade** e está sendo convidado a participar de um estudo intitulado CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO EM ADOLESCENTES OBESOS E NÃO-OBESOS EM ERGÔMETROS COM E SEM SUSTENTAÇÃO DO PESO CORPORAL. É através das pesquisas clínicas que ocorrem os avanços na medicina, e sua participação é de fundamental importância.
- b) O objetivo deste estudo é **Investigar a influência do peso corporal na aptidão cardiorrespiratória em adolescentes com e sem obesidade.**
- c) Caso o seu filho participe da pesquisa, será necessário fazer exames de rotina médica do ambulatório de endocrinologia de Hospital de Clínicas (HC), de Curitiba, bioimpedância, testes cardiorrespiratórios em esteira e bicicleta ergométrica, avaliação do estágio puberal e eletrocardiograma.
- d) Como em qualquer tratamento seu filho (a) poderá experimentar alguns desconfortos, principalmente relacionados ao uso de máscara na calorimetria, ao utilizar o bucal e o clamp nasal para respiração exclusivamente oral e dores musculares e articulares após os testes ergométricos máximos.
- e) Os riscos que envolvem a avaliação de seu filho (a) são dores musculares e articulares após o teste ergométrico.
- f) Para tanto seu filho deverá comparecer no Hospital de Clínicas (HC) para consulta médica, realizar a avaliação puberal, bioimpedância e eletrocardiograma, e ao Departamento de Educação Física (DEF) da Universidade Federal do Paraná (UFPR) para a realização de testes em esteira e bicicleta ergométrica.
- g) Estão garantidas todas as informações que você queira, antes, durante e após o estudo.
- h) A participação de seu filho (a) é voluntária. Você tem a liberdade de recusar a participar do estudo, ou retirar seu consentimento a qualquer momento.
- i) As informações relacionadas ao estudo poderão ser inspecionadas pelos médicos que executam a pesquisa e pelas autoridades legais, no entanto, se qualquer informação for divulgada em relatório ou publicação, isto será feito sob forma codificada, para que a confidencialidade seja mantida.
- j) Todas as despesas necessárias para a realização da pesquisa **não** são da responsabilidade do paciente ou do seu responsável.

- k) Pela participação do seu filho (a) no estudo, você não receberá qualquer valor em dinheiro. Você terá a garantia de que qualquer problema decorrente do estudo será tratado no próprio Hospital de Clínicas (HC).
- l) Quando os resultados forem publicados, não aparecerá o nome de filho (a), e sim um código.
- m) Durante o estudo seu filho (a) não poderá ingerir medicamentos sem informar antecipadamente os pesquisadores responsáveis por este estudo.

Eu, \_\_\_\_\_ li o texto acima e compreendi a natureza e objetivo de estudo no qual meu filho (a) \_\_\_\_\_ foi convidado (a) a participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios do estudo. Entendi que sou livre para interromper a sua participação no estudo a qualquer momento sem justificar a minha decisão e sem que esta decisão afete o seu tratamento com o seu médico. Eu entendi que não posso fazer durante o estudo e sei que qualquer problema relacionado ao tratamento será tratado sem custos para mim ou para o meu filho (a).

Eu concordo voluntariamente do (a) meu (minha) filho (a) em participar deste estudo.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do responsável legal

\_\_\_\_\_  
Gerusa Eisfeld Milano

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

## **APÊNDICE B – Termo de consentimento livre e esclarecido para grupo não-obeso**

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

- n) Seu filho (a) está com o peso adequado e está sendo convidado a participar de um estudo intitulado CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO EM ADOLESCENTES OBESOS E NÃO-OBESOS EM ERGÔMETROS COM E SEM SUSTENTAÇÃO DO PESO CORPORAL. É através das pesquisas clínicas que ocorrem os avanços na medicina, e sua participação é de fundamental importância.
- o) O objetivo deste estudo é **Investigar a influência do peso corporal na aptidão cardiorrespiratória em adolescentes com e sem obesidade.**
- p) Caso o seu filho participe da pesquisa, será necessário fazer exames de rotina médica do ambulatório de endocrinologia de Hospital de Clínicas (HC), de Curitiba, bioimpedância, testes cardiorrespiratórios em esteira e bicicleta ergométrica, avaliação do estágio puberal e eletrocardiograma.
- q) Como em qualquer tratamento seu filho (a) poderá experimentar alguns desconfortos, principalmente relacionados ao uso de máscara na calorimetria, ao utilizar o bucal e o clamp nasal para respiração exclusivamente oral e dores musculares e articulares após os testes ergométricos máximos.
- r) Os riscos que envolvem a avaliação de seu filho (a) são dores musculares e articulares após o teste ergométrico.
- s) Para tanto seu filho deverá comparecer no Hospital de Clínicas (HC) para consulta médica, realizar a avaliação puberal, bioimpedância e eletrocardiograma, e ao Departamento de Educação Física (DEF) da Universidade Federal do Paraná (UFPR) para a realização de testes em esteira e bicicleta ergométrica.
- t) Estão garantidas todas as informações que você queira, antes, durante e após o estudo.
- u) A participação de seu filho (a) é voluntária. Você tem a liberdade de recusar a participar do estudo, ou retirar seu consentimento a qualquer momento.
- v) As informações relacionadas ao estudo poderão ser inspecionadas pelos médicos que executam a pesquisa e pelas autoridades legais, no entanto, se qualquer informação for divulgada em relatório ou publicação, isto será feito sob forma codificada, para que a confidencialidade seja mantida.
- w) Todas as despesas necessárias para a realização da pesquisa **não** são da responsabilidade do paciente ou do seu responsável.

- x) Pela participação do seu filho (a) no estudo, você não receberá qualquer valor em dinheiro. Você terá a garantia de que qualquer problema decorrente do estudo será tratado no próprio Hospital de Clínicas (HC).
- y) Quando os resultados forem publicados, não aparecerá o nome de filho (a), e sim um código.
- z) Durante o estudo seu filho (a) não poderá ingerir medicamentos sem informar antecipadamente os pesquisadores responsáveis por este estudo.

Eu, \_\_\_\_\_ li o texto acima e compreendi a natureza e objetivo de estudo no qual meu filho (a) \_\_\_\_\_ foi convidado (a) a participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios do estudo. Entendi que sou livre para interromper a sua participação no estudo a qualquer momento sem justificar a minha decisão e sem que esta decisão afete o seu tratamento com o seu médico. Eu entendi que não posso fazer durante o estudo e sei que qualquer problema relacionado ao tratamento será tratado sem custos para mim ou para o meu filho (a).

Eu concordo voluntariamente do (a) meu (minha) filho (a) em participar deste estudo.

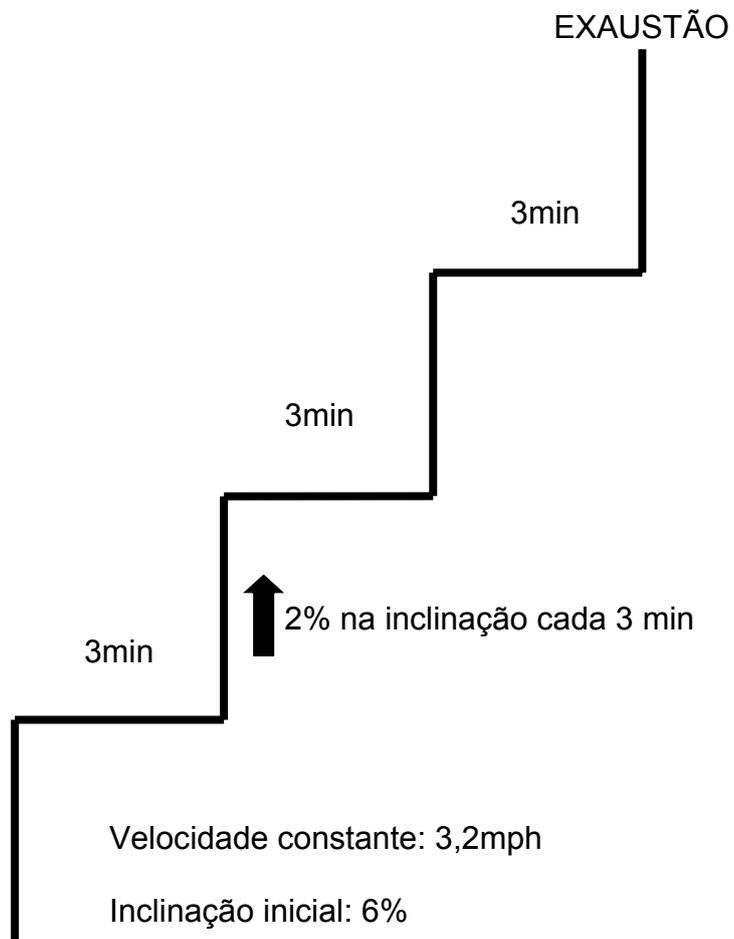
\_\_\_\_\_  
Assinatura do responsável legal

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Gerusa Eisfeld Milano

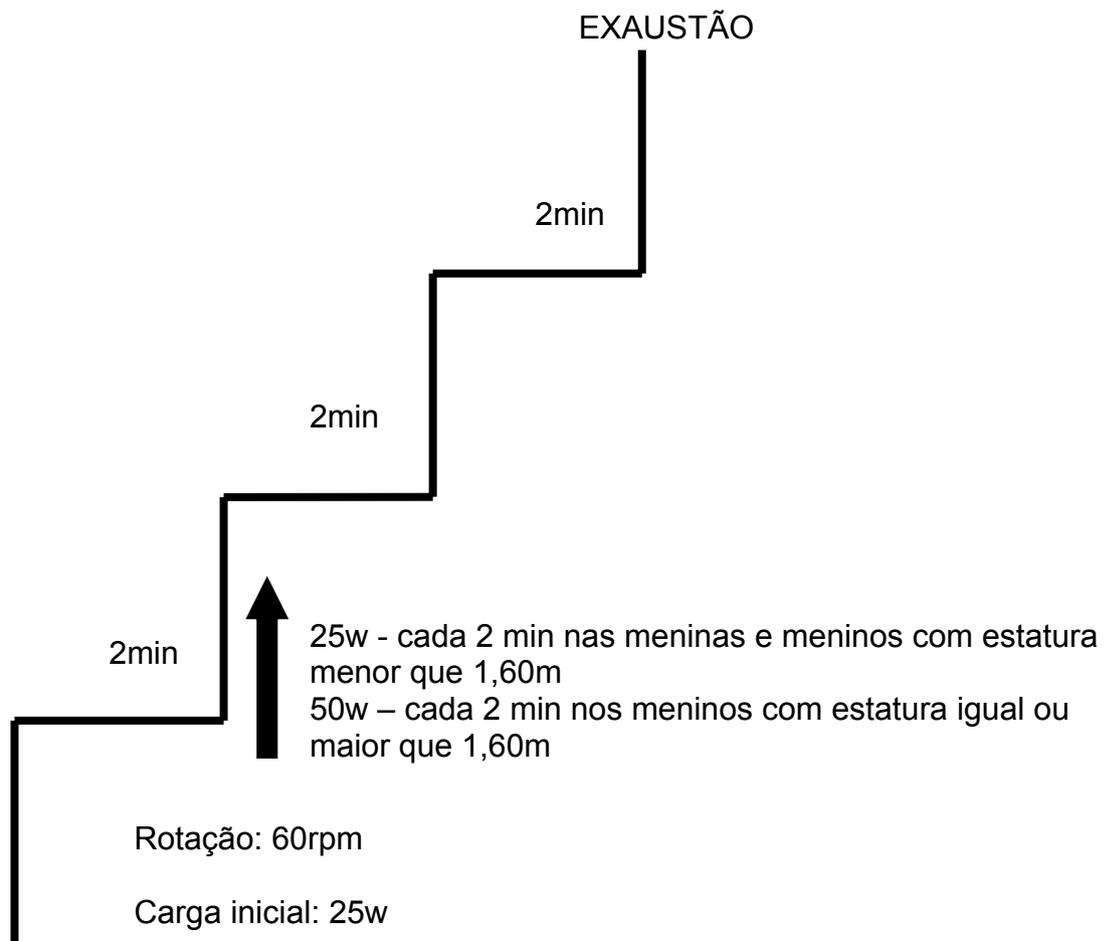
Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

## APÊNDICE C – PROTOCOLO TESTE BALKE



Aquecimento 1min: - Velocidade de 3,2pmh  
- Inclinação 0%

## APÊNDICE D – PROTOCOLO TESTE McMASTER



Aquecimento 1min: - Rotação em 60rpm  
- Carga 25w

## APÊNDICE E

**TABELA 4 - INTERVALO DE CONFIANÇA DAS CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS GRUPOS OBESOS E NÃO-OBESOS, MASCULINO (M) E FEMININO (F)**

Variáveis	Grupo Não-obeso		Grupo Obeso	
	M ( <i>n</i> = 16)	F ( <i>n</i> = 17)	M ( <i>n</i> = 23)	F ( <i>n</i> = 31)
Idade (anos)	13,6 – 14,79	13,44 – 15,05	12,38 – 13,65	13,35 – 14,40
MC (kg)	45,97 - 57,79	45,73 – 51,05	71,68 – 84,28	80,38 – 89,31
EST (cm)	1,56 -1,70	1,55 – 1,61	1,59 – 1,67	1,60 – 1,64
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	18,18 – 20,33	18,42 – 20,03	27,78 – 30,57	30,68 – 33,52

## APÊNDICE F

**TABELA 5 -** INTERVALO DE CONFIANÇA DA  $FC_{MAX}$ , RER, %LV, TEMPO DE TESTE EM ESTEIRA (EST) E BICICLETA (BIC) ERGOMÉTRICA DOS GRUPOS OBESOS E NÃO-OBESOS, MASCULINO (M) E FEMININO (F)

Grupos Variáveis	Não-obeso		Obeso	
	M ( <i>n</i> = 16)	F ( <i>n</i> = 17)	M ( <i>n</i> = 23)	F ( <i>n</i> = 31)
$FC_{max}$ – Est	185,52 – 198,87	191,03 – 201,07	190,56 – 199,34	188,51 – 196,10
$FC_{max}$ – Bic	178,78 – 193,10	183,1 – 193,64	176,56 – 189,97	178,46 – 185,92
RER – Est	0,97 – 1,03	0,94 – 1,01	0,94 – 1,04	0,96 – 1,05
RER – Bic	0,95 – 1,10	0,94 – 1,04	0,96 – 1,01	0,97 – 1,02
% LV – Est	83,97 – 72,27	83,56 – 71,20	83,04 – 73,69	86,21 – 72,93
% LV – Bic	70,05 – 54,58	74,09 – 62,02	65,92 – 78,36	67,98 – 75,44
TT – Est	18,38- 23,74	12,73 – 17,00	11,41 – 14,81	9,40 – 11,46
TT – Bic	7,09 – 8,93	8,29 – 9,46	8,24 – 9,67	9,78 – 11,10
Carga - Bic	120,17 – 167,33	96,23 – 112,58	115,96 – 160,12	107,64 – 127,84

## APÊNDICE G

**TABELA 6 - INTERVALO DE CONFIANÇA PARA AS VARIÁVEIS DO VO<sub>2</sub>MAX EM ESTEIRA E BICICLETA ERGOMÉTRICA DOS GRUPOS OBESOS E NÃO-OBESOS, MASCULINO (M) E FEMININO (F)**

Grupos Variáveis	Não-obeso		Obeso	
	M (n = 16)	F (n = 17)	M (n = 23)	F (n = 31)
VO <sub>2</sub> max-abs Est	2,22 – 2,99	1,87 – 2,12	2,38 – 3,17	2,54-3,05
VO <sub>2</sub> max-abs Bic	2,15 – 2,86	1,69 – 1,94	2,17 – 3,00	2,13- 2,42
VO <sub>2</sub> max-conv Est	46,01 – 53,61	39,46 – 43,43	34,82 – 39,79	30,46 - 33,75
VO <sub>2</sub> max-conv Bic	44,49 – 51,96	35,13 – 40,53	29,61 – 35,61	25-27 – 28,26
VO <sub>2</sub> max-alo Est	63,03 – 73,44	54,07 – 59,49	54,13 – 66,75	53,36 – 63,05
VO <sub>2</sub> max-alo Bic	60,13 – 70,22	47,48 – 54, 77	50,30 – 61,40	44,65 – 50,39

## ANEXOS

<b>ANEXO A</b>	- Carta de Envio do Artigo.....	83
<b>ANEXO B</b>	- Cálculo do Poder da Amostra .....	84
<b>ANEXO C</b>	- Aprovação do Comitê de Ética do HC/UFPR.....	85
<b>ANEXO D</b>	- Curva do IMC do gênero masculino para classificação do estado nutricional de crianças e adolescentes, proposta pelo <i>Center for Disease Control and Prevention (CDC)</i> .....	86
<b>ANEXO E</b>	- Curva do IMC do gênero feminino para classificação do estado nutricional de crianças e adolescentes, proposta pelo <i>Center for Disease Control and Prevention (CDC)</i> .....	87
<b>ANEXO F</b>	- Tabela com os dados da curva do IMC do gênero feminino e masculino para classificação do estado nutricional de crianças e adolescentes, proposta pelo <i>Center for Disease Control and Prevention (CDC)</i> .....	88

## ANEXO A - Carta de Envio do Artigo

 	<p><b>REVISTA BRASILEIRA DE MEDICINA DO ESPORTE</b> Órgão Oficial da Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte</p>
<p>Prezado(a) Autor(a):</p> <p>Comunicamos o recebimento do artigo de sua autoria intitulado "COMPARAÇÃO DO CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO EM ESTEIRA E BICICLETA ERGOMÉTRICA EM ADOLESCENTES OBESOS E NÃO-OBESOS ", código 8/2008, para publicação na Revista Brasileira de Medicina do Esporte. O referido artigo foi enviado para o processo de revisão pelos pares (peer-review) e solicitamos a sua atenção para os comentários dos revisores que lhe serão enviados oportunamente.</p> <p>Informações de acesso como autor(a) :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>. Login: gerusamilano@hotmail.com</li><li>. URL: <a href="http://www.rbme.org.br">http://www.rbme.org.br</a></li></ul> <p>Agradecemos a importante colaboração que seu artigo traz à RBME e lembramos que é fundamental a máxima agilidade na resposta aos revisores, para minimizar o período entre a submissão e a publicação do seu artigo.</p> <p>Atenciosamente,</p>  <p>Prof. Dr. Antonio Claudio Lucas da Nóbrega Editor Chefe</p>	

## ANEXO B – CÁLCULO DO PODER DA AMOSTRA

### Effect Size Calculate

$$\text{Cohen's } d = M_1 - M_2 / \sigma_{\text{pooled}}$$
$$\text{where } \sigma_{\text{pooled}} = \sqrt{[(\sigma_1^2 + \sigma_2^2) / 2]}$$

$$r_{Y\lambda} = d / \sqrt{(d^2 + 4)}$$

Note:  $d$  and  $r_{Y\lambda}$  are positive if the mean difference is in the predicted direction.

Group 1	Group 2
$M_1$ <input type="text"/>	$M_2$ <input type="text"/>
$SD_1$ <input type="text"/>	$SD_2$ <input type="text"/>
<input type="button" value="Reset"/>	
<b>Cohen's <math>d</math></b>	<b>effect-size <math>r</math></b>
<input type="text"/>	<input type="text"/>

<http://www.math.yorku.ca/SCS/Online/power/>

## ANEXO C - Aprovação do Comitê de Ética do HC/UFPR



CEP/HC/UFPR



Curitiba, 27 de junho de 2007.

Ilmo (a) Sr. (a)  
**Gerusa Eisfeld Milano**  
Nesta

Prezada Pesquisadora:

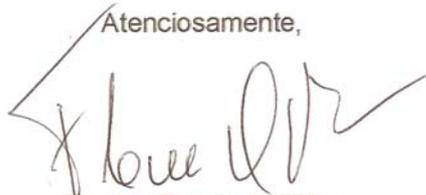
Comunicamos que o Projeto de Pesquisa intitulado “**CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO EM ADOLESCENTES OBESOS E NÃO-OBESOS EM ERGÔMETROS COM E SEM SUSTENTAÇÃO DO PESO CORPORAL**”, foi analisado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos, em reunião realizada no dia 29 de maio de 2007. O referido projeto atende aos aspectos das Resoluções CNS 196/96, e demais, sobre Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisa Envolvendo Seres Humanos do Ministério da Saúde.

**CAAE: 0119.0.208.000-07**  
**Registro CEP: 1420.085/2007-05**

Conforme a Resolução 196/96, solicitamos que sejam apresentados a este CEP, relatórios sobre o andamento da pesquisa, bem como informações relativas às modificações do protocolo, cancelamento, encerramento e destino dos conhecimentos obtidos.

**Data para entrega do primeiro relatório: 27 de dezembro de 2007.**

Atenciosamente,



**Renato Tambara Filho**

Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa  
em Seres Humanos do Hospital de Clínicas/UFPR





**ANEXO F – Tabela com os dados da curva do IMC do gênero masculino e feminino, na faixa etária dos 10 aos 16,6 anos, para classificação do estado nutricional de crianças e adolescentes, proposta pelo *Center for Disease Control and Prevention* (CDC)**

IDADE	MENINAS			MENINOS		
	DESNUTRIDO	SOBREPESO	OBESO	DESNUTRIDO	SOBREPESO	OBESO
10	14	20	23	14	19,4	22,1
10,5	14,2	20,4	23,5	14,1	19,7	22,6
11	14,4	20,7	24	14,3	20,2	23,2
11,5	14,6	21,3	24,6	14,5	20,5	23,7
12	14,8	21,7	25,2	14,7	21	24,2
12,5	15	22,1	25,7	14,9	21,4	24,7
13	15,3	22,5	26,4	15,1	21,8	25,2
13,5	15,7	23	26,7	15,4	22,2	25,5
14	15,9	23,3	27,2	15,6	22,6	26
14,5	16	23,7	27,6	15,9	23	26,4
15	16,3	24	28	16,2	23,4	26,7
15,5	16,5	24,4	28,5	16,5	23,8	27,2
16	16,8	24,6	28,7	16,7	24,2	27,5
16,5	17	24,8	29,2	16,9	24,5	27,9