

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO**

**Diretoria de Pesquisa**

**Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação**

**Valores de referência e reprodutibilidade do teste de exercício  
cardiopulmonar em crianças e adolescentes saudáveis**

**Doutoranda:** Jessyca Pachi Rodrigues Selman

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Simone Dal Corso

São Paulo

2020

**VALORES DE REFERÊNCIA E REPRODUTIBILIDADE DO TESTE DE EXERCÍCIO  
CARDIOPULMONAR EM CRIANÇAS E ADOLESCENTES SAUDÁVEIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da Universidade Nove de Julho - UNINOVE, como requisito para a obtenção do título de Doutora em Reabilitação.

**Doutoranda:** Jessyca Pachi Rodrigues Selman

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Simone Dal Corso

Selman, Jessyca Pachi Rodrigues.

Valores de referência e reprodutibilidade do teste de exercício cardiopulmonar em crianças e adolescentes saudáveis. / Jessyca Pachi Rodrigues Selman. 2020.

91 f.

Tese (Doutorado) - Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2020.

São Paulo, 27 de fevereiro de 2020.

**TERMO DE APROVAÇÃO**

Aluno (a): Jessyca Pachi Rodrigues Selman

Título da Tese: "Valores de Referência e Reprodutibilidade do Teste de Exercício Cardiopulmonar em Crianças e Adolescentes Saudáveis".

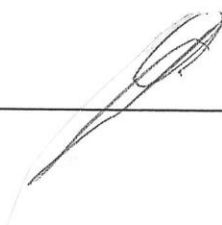
Presidente: PROFA. DRA. SIMONE DAL CORSO

  
\_\_\_\_\_

Membro: PROFA. DRA. LUCIANA MARIA MALOSÁ SAMPAIO JORGE

  
\_\_\_\_\_

Membro: PROF. DR. ANDERSON JOSÉ

  
\_\_\_\_\_

## DEDICATÓRIA

Dedico esta tese à minha família. Mãe **Raquel Cecília Pachi Rodrigues Selman**, Pai **José Hassen Selman**, irmãs **Alessandra, Sarah, Lailah e Lilian** e a minha sobrinha e afilhada **Isabella Selman Nogueira**.

\*\*\*\*

Em especial a duas pessoas que desde pequena me chamavam de “doutora”. Meu querido e amado avô **Raul Reismann Rodrigues**, que há um ano nos deixou para morar no céu com minha avó **Laura Alário Pachi Rodrigues**.

## AGRADECIMENTOS

Como qualquer trabalho científico esta tese não foi feita sozinha.

Primeiramente, agradeço a **Deus**. Pois, muitas vezes pensei que seria impossível.

À professora **Simone Dal Corso** por, nestes dez anos, me orientar, acreditar em mim e pela experiência de vida que me proporcionou. Além de todas as conquistas profissionais que tive graças às oportunidades que me deu, aprendi e me tornei uma pessoa melhor.

À professora **Fernanda de Cordoba Lanza**, por existir em minha vida.

Ao meu namorado **Rafael Donato Negri**, por estes 11 anos de namoro acompanhados da carreira, estudos e do laboratório.

À amiga e irmã **Camila Esteves**. Não há explicação para o tamanho da minha felicidade em estar com você e do agradecimento eterno que tenho por você. Esta conquista é sua também.

Ao professor **Anderson José** pela amizade e apoio, porque “preciso, preciso de você aqui 🎵”, dentre outras.

Em especial às pessoas que eu tenho um sentimento ENORME, que não há unidade de medida. São pessoas que surgiram, lutaram comigo, me

incentivaram quando menos acreditei e ao mesmo tempo nos divertimos MUITO, mesmo aos sábados das 8:00 às 20:00h, com o mínimo do mínimo (até com a escolha da roupa para o grande dia #TECP-501). Compatibilidade de almas: **Ariane Ortiz, Felipe Elias, Gabriella de Oliveira, Laryssa Leitão, Lincon Matheus e Tiago Freitas.**

Aos alunos que iniciaram a IC comigo e fizeram toda diferença e que foram acompanhar colegas da pós-graduação ou, infelizmente, não puderam continuar no programa: **Fernanda Aparecida, Gabriel Cruz, Jussara Osco, Karina Silva e Suellen Lemos.**

A tia **Lúcia** e ao meu padrinho **José Marcos** pelas energias boas e por torcerem eternamente por mim.

Aos colegas de laboratório e às secretárias pelo carinho e por sempre serem solícitos. Às minhas colegas de trabalho e amigas **Carol Herpich, Conceição Vitoriano, Gi Alves, Soraia Micaela e Tati** pela força.

A **Thaina e Thaiane Fernandes** por disponibilizarem tempo e conseguirem um tamanho amostral suficiente para concluirmos o estudo. A todos os voluntários e responsáveis por terem contribuído e acreditado em nosso trabalho.

À **CAPES** pelo apoio financeiro concedido durante a realização desta pesquisa. À **Uninove** pela oportunidade e pelo espaço para a realização do estudo, materiais fornecidos e equipamentos.

## RESUMO

O teste de exercício cardiopulmonar (TECP) é o padrão-ouro na avaliação da aptidão física. No entanto, são fundamentais valores normativos e a variabilidade das medidas neste teste para adequada interpretação. **Objetivo:** Estudo 1: Determinar os valores de referência do TECP em cicloergômetro em crianças de seis a 18 anos saudáveis. Estudo 2: Testar a reprodutibilidade do TECP em indivíduos de seis a 18 anos saudáveis. **Método:** Estudo transversal. Para o Estudo I, 260 indivíduos (6 a 18 anos, 11 meses e 29 dias) foram submetidos à bioimpedância, espirometria, avaliação do comprimento da perna e da circunferência da coxa, responderam questionários e realizaram o TECP (TECP-1). Para o Estudo II, 130 voluntários realizaram uma visita adicional (72 horas de intervalo), para a realização do segundo TECP (TECP-2). **Resultados:** Estudo I – Foram estabelecidas as seguintes equações de referência: Amostra total:  $VO_2$  previsto, L/min =  $-1,679 (0,025 \times \text{comprimento de perna, cm}) + (0,023 \times \text{circunferência de coxa, cm})$  ( $R^2= 0,497$ ) e Carga prevista, watts:  $-236,983 + (191,823 \times \text{altura, m}) + (34,879 \times \text{sexo}) + (3,289 \times \text{idade, anos})$  ( $R^2= 0,751$ ); crianças:  $VO_2$  previsto, L/min =  $-3,259 + (0,027 \times \text{comprimento da perna, cm}) + (0,060 \times \text{circunferência de coxa, cm}) + (1,271 \times \text{altura, m})$  ( $R^2= 0,477$ ) e Carga prevista, watts:  $-125,840 + (142,437 \times \text{altura, m})$  ( $R^2= 0,471$ ) e adolescentes:  $VO_2$  previsto, L/min =  $-0,725 + (0,023 \times \text{comprimento de perna, cm}) + (0,022 \times \text{circunferência de coxa, cm}) + (-0,051 \times \text{idade, anos})$  ( $R^2= 0,547$ ) e Carga prevista, watts:  $-339,638 + (224,416 \times \text{altura, m}) + (50,467 \times \text{sexo, 0 para meninas e 1 para meninos}) + (6,077 \times \text{idade, anos})$  ( $R^2= 0,706$ ). Estudo II – Setenta por cento da amostra apresentou melhor performance no TECP-1. O  $VO_{2pico}$  diferiu na amostra total e no grupo



de adolescentes ( $p = 0,010$ ), com média das diferenças de 0,26 L/min e amplo intervalo de confiança 95% (-0,26 a 1,96 L/min). **Conclusão:** Estabelecemos equações de previsão para  $VO_2$  e carga pico no cicloergômetro para o TECP em crianças e adolescentes brasileiros. Os testes foram reprodutíveis e sugerimos que apenas um teste de exercício cardiopulmonar é suficiente para avaliar a capacidade de exercício em indivíduos brasileiros de 6 a 18 anos.

**Palavras-chave:** Capacidade máxima, criança, adolescentes, TECP

## ABSTRACT

The cardiopulmonary exercise test (CPET) is the gold standard in the assessment of physical activity. However, normative values and to know the variability of measures in this test are crucial for proper interpretation.

Objective: Study 1: To establish reference values for the CPET (cycle ergometer) in children and adolescents (aged from 6 to 18 years). Study 2: To test the reproducibility of CEPT in individuals under 18 years of age.

Method: Cross-sectional study. For Study I, 260 individuals (6 to 18 years, 11 months and 29 days) were submitted to bioimpedance, spirometry, evaluation of leg length and thigh circumference, answers of questions and performed or CEPT (CEPT -1). For Study II, 130 volunteers was made an additional visit (72 hours apart), to perform the second CEPT (CEPT -2).

Results: Study I - The following reference equations were established: Total sample: predicted  $\text{VO}_2$ , L/min =  $-1,679 + (0.025 \times \text{leg length, cm}) + (0.023 \times \text{thigh circumference, cm})$  ( $R^2 = 0.497$ ) and predicted load, watts:  $-236.983 + (191.823 \times \text{height, m}) + (34.879 \times \text{sex, 0 for girls and 1 for boys}) + (3.289 \times \text{age, years})$  ( $R^2= 0.751$ ); children: PREDICTED  $\text{VO}_2$ , L/min =  $-3.259 + (0.027 \times \text{leg length, cm}) + (0.060 \times \text{thigh circumference, cm}) + (1.271 \times \text{height, m})$  ( $R^2= 0.477$ ) and predicted load, watts:  $-125.840 + (142.437 \times \text{height, m})$  ( $R^2= 0.471$ ) and adolescents: PREDICTED  $\text{VO}_2$ , L/min =  $-0.725 + (0.023 \times \text{leg length, cm}) + (0.022 \times \text{thigh circumference, cm}) + (-0.051 \times \text{age, years})$  ( $R^2= 0.547$ ) and Predicted workload, watts:  $-339.638 + (224.416 \times \text{height, m}) + (50.467 \times \text{sex, 0 for girls and 1 for boys}) + (6.077 \times \text{age, years})$  ( $R^2= 0.706$ ).

Study II – Seventy percent of the sample performed better in CEPT -1.  $\text{VO}_2\text{peak}$  was different in the total sample and in the group of adolescents ( $p =0.010$ ), with mean differences of

0.26 L/min and a wide 95% confidence interval (-0.26 to 1.96 L/min).

Conclusion: We established prediction equations for  $\text{VO}_2$  and peak workload for the CPET (cycle ergometer) in Brazilian children and adolescents. The tests were reproducible and we suggest that only one CPET is enough to assess exercise capacity in Brazilian individuals aged 6 to 18 years.

**Keywords:** Maximum capacity, child, teenagers, CEPT

## SUMÁRIO

Resumo.....	6
Sumário.....	4
Abstract.....	8
Lista de tabelas e quadros.....	12
Lista de figuras.....	13
Lista de abreviaturas.....	14
1 – Contextualização.....	16
1.1 - Desenvolvimento e crescimento da criança e adolescente.....	16
1.2 - Implicações do crescimento e desenvolvimento biológico nas variáveis mensuradas no teste de exercício cardiopulmonar (TECP).....	17
1.2.1 - Variáveis cardiovasculares.....	17
1.2.2 - Frequência cardíaca (FC).....	18
1.2.3 - Volume de ejeção sistólico (VS) .....	18
1.2.4 - Diferença arteriovenosa de oxigênio .....	18
1.2.5 - Variáveis ventilatórias.....	18
1.2.5.1 - Ventilação máxima (VEmáx) .....	19
1.2.5.2 - Frequência respiratória e volume corrente.....	19
1.2.6 - Variáveis metabólicas.....	20
1.3 - Resposta subjetiva ao esforço.....	21
1.4 – Equações de previsão do TECP na população pediátrica.....	21
1.5 – Cicloergômetro <i>versus</i> esteira ergométrica.....	28
1.6 – Reprodutibilidade do TECP na população pediátrica.....	28
2 – Justificativa .....	30
3 – Objetivo .....	31
4 – Material e Métodos.....	32
4.1 – Amostra.....	32
4.2 – Critérios de inclusão e exclusão.....	32
4.3 – Descrição do Protocolo.....	32
4.3.1 – Avaliações.....	33
4.3.1.1 - Espirometria.....	33
4.3.1.2 – Questionários.....	33
4.3.1.3 – Comprimento da perna .....	36

4.3.1.4 – Circunferência da coxa.....	36
4.3.1.5 – Teste de exercício cardiopulmonar (TECP).....	37
4.3.1.6 – Bioimpedância.....	38
5 - Análise estatística.....	40
5.1 - Análise estatística estudo I.....	40
5.2 - Análise estatística estudo II.....	
6 - Cálculo Amostral.....	41
7 – Estudo I (Artigo 1).....	43
7.1- Fluxograma do Estudo I (Artigo 1).....	43
7.2 – Resultados do estudo 1 (artigo 1).....	44
7.2.1 – Introdução.....	44
7.2.2 – Resultados.....	45
7.2.3 – Discussão.....	53
7.2.3.1 – Discussão: Equação de previsão $VO_{2pico}$ .....	53
7.2.3.1 – Discussão: Equação de previsão Carga pico.....	56
7.2.4 – Conclusão.....	58
7.3- Estudo 2 (Artigo 2).....	59
7.3.1- Fluxograma do Estudo II (Artigo 2).....	59
7.3.2 – Introdução.....	60
7.3.3 – Resultados.....	61
7.3.4 – Discussão.....	68
7.3.5 – Conclusão.....	71
8 - Considerações finais.....	72
9 – Referências Bibliográficas.....	73
10 – Anexos.....	82

## LISTA DE TABELAS E QUADRO

Quadro 1- Características dos estudos que estabeleceram valores de previsão para o TECP em população pediátrica.....	25
Quadro 2 - Variáveis analisadas no questionário de saúde. ....	35
Quadro 3- Distribuição do tamanho amostral por idade e sexo para cada estudo.....	42
Tabela 1 (estudo I) – Características basais da amostra.....	46
Tabela 2 (estudo I) – Distribuição da amostra conforme o sexo segundo a classificação do estágio puberal.....	47
Tabela 3 (estudo I)- Valores de $VO_2$ pico e carga para cada idade e sexo no pico do TECP.....	48
Tabela 4 (estudo I)- Comparação das variáveis no pico do teste entre crianças e adolescentes e entre os sexos.....	49
Tabela 5 (estudo I)- Correlações do $VO_2$ pico e da carga pico e as variáveis de características da amostra. ....	50
Tabela 6 (estudo I)- Variáveis preditoras do $VO_2$ e da carga para crianças e adolescentes obtidas pela análise de regressão linear múltipla. ....	51
Quadro 1 (estudo I) – Equação de previsão para o $VO_2$ pico e Carga pico para crianças e adolescentes.....	52
Tabela 1 (estudo II) - Características basais da amostra.....	62
Tabela 2 (estudo II) – Distribuição da amostra conforme o sexo segundo a classificação do estágio pulberal.....	63
Quadro 1 (estudo II) – Número de indivíduos com melhor desempenho nos testes.....	63
Tabela 3 (estudo II) - Comparação das variáveis no pico de ambos testes de exercício cardiopulmonar. ....	64
Tabela 4 (estudo II)- Disposição das médias das diferenças e do intervalo de confiança de 95% para as variáveis no pico. ....	66
Tabela 5 (estudo II) – Concordância e confiabilidade das variáveis no pico de ambos os testes....	67

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Representação esquemática das principais respostas ventilatórias normais ao exercício incremental.....	20
<b>Figura 2:</b> Representação da aferição do comprimento real da perna.....	36
<b>Figura 3:</b> Representação para aferição do ponto médio de circunferência da coxa.....	37
<b>Figura 1 (estudo I):</b> Fluxograma do protocolo do estudo.....	43
<b>Figura 1 (estudo II):</b> Fluxograma do protocolo do estudo.....	59
<b>Figura 2 (estudo II):</b> Disposição gráfica de Bland-Altman entre o TECP1 e TECP2 dos indivíduos. A linha contínua corresponde à média das diferenças e a linha pontilhada ao intervalo de confiança de 95%. Cada ponto representa um voluntário. 1A: VO <sub>2</sub> pico; 1B: VE pico; 1C: Carga pico e 1D: FC pico.....	65

## LISTA DE ABREVIATURAS

**AFVD:** Atividade física na vida diária

**D(a-v)O<sub>2</sub>:** Diferença arteriovenosa de oxigênio

**bpm:** Batimentos por minuto

**CCI:** coeficiente de correlação intraclasse

**CI:** Capacidade inspiratória

**CVF:** Capacidade vital forçada

**DC:** Débito cardíaco

**DP:** Desvio padrão

**EUA:** Estados Unidos da América

**EVA:** Escala Visual Analógica

**E<sup>2</sup>:** Estatura ao quadrado

**f:** Frequência respiratória

**FC:** Frequência cardíaca

**FEF<sub>25-75%</sub>:** fluxo expiratório forçado médio

**FeO<sub>2</sub>:** Fração expirada de oxigênio

**IC95%:** Intervalo de confiança de 95%

**IMC:** Índice de massa corpórea

**IPAQ:** *International Physical Activity Questionnaire*

**Kg:** Quilograma

**LA:** Limiar anaeróbio

**L:** Litros

**M:** Número de variáveis independentes

**m:** metros

**máx:** Máxima



**min:** Minuto

**MI:** Membro inferior

**MI:** Mililitros

**MMII:** Membros inferiores

**m<sup>2</sup>:** Metro ao quadrado

**OMS:** Organização Mundial da Saúde

**PETO<sub>2</sub>:** Pressão expiratória final de oxigênio

**PETCO<sub>2</sub>:** Pressão expiratória final de gás carbônico

**PCR:** Ponto de compensação respiratória

**PCT:** Peso corporal total

**PFE:** Pico de fluxo expiratório

**prev:** Previsto

**QCO<sub>2</sub>:** Produção periférica de gás carbônico

**QO<sub>2</sub>:** Captação periférica de oxigênio

**R:** Equivalente respiratório

**RE:** Resistência

**TECP:** Teste de exercício cardiopulmonar

**UNINOVE:** Universidade Nove de Julho

**VE:** Ventilação

**Vc:** Volume corrente

**VS:** Volume de ejeção sistólico

**VEF<sub>1</sub>:** Volume expiratório forçado no primeiro segundo

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

**VCO<sub>2</sub>:** Produção de gás carbônico

**W:** Watts

## 1 - Contextualização

O teste de exercício cardiopulmonar (TECP) é comumente utilizado para avaliar capacidade aeróbia<sup>1-4</sup> tanto na saúde como em condições de doenças crônicas<sup>2,4</sup>, pois avalia a integridade e interação dos sistemas respiratório, cardiovascular e muscular<sup>4</sup>.

O TECP, em sua complexidade, é útil para avaliar parâmetros como a taxa de trabalho ( $W$ ), frequência cardíaca ( $FC$ ), ventilação ( $VE$ ) e o consumo de oxigênio ( $VO_2$ ). Adicionalmente, o TECP avalia também a associação dessas medidas como a relação entre ventilação e produção de dióxido de carbono ( $VE/VCO_2$ ), entre ventilação e  $VO_2$  ( $VE/VO_2$ ), entre o  $VO_2$  e  $FC$  ( $VO_2/FC$ ), conhecido como pulso de oxigênio, e entre o  $VO_2$  e a carga ( $VO_2/W$ )<sup>2</sup>. No entanto, antes de compreender cada variável analisada no TECP é necessário o conhecimento sobre o desenvolvimento e crescimento da criança e do adolescente.

### 1.1- Desenvolvimento e crescimento da criança e adolescente

Os aspectos biológico, afetivo, psíquico e social são fundamentais para o crescimento e desenvolvimento humano. De um modo geral, o aspecto biológico considera o crescimento como um aumento de tamanho corporal devido ao aumento e multiplicação celular. É um fenômeno que ocorre desde o nascimento até o óbito, considerando os processos de regeneração e substituição de tecidos<sup>5</sup>.

Deve-se levar em consideração todos os fatores ambientais, como alimentação, saneamento básico, fatores socioeconômicos, condições de saúde, entre outros. Estes fatores, particularmente influenciam na carga genética sendo esta preditora importante para o desenvolvimento da estatura máxima atingida por um indivíduo<sup>6</sup>.

É importante a diferenciação entre criança e adolescente. A Organização Mundial da Saúde (OMS) limita criança de adolescente pela faixa etária compreendida entre 6 e 10 anos 11 meses e 29 dias e entre 11 e 18 anos 11 meses e 29 dias, respectivamente<sup>5,7</sup>. Parte dos fatores que explica a divisão de crianças e adolescentes pela faixa etária é que, a partir dos 6 anos (fase pré-puberal), o crescimento torna-se constante variando de 5 a 6 cm/ano

até a fase inicial da puberdade<sup>8</sup>, atingindo, em média, 127 cm aos 8 anos de idade. Vale ressaltar que este processo ocorre até atingir a fase do estirão da adolescência, aproximadamente até os 11 anos das meninas e 13 anos dos meninos<sup>8</sup>. No geral, o crescimento não é uniforme, dependendo do desenvolvimento musculoesquelético dos órgãos e tecidos.

No desenvolvimento, a fase do estirão também conhecida como a fase da puberdade, é marcadora das mudanças rápidas em critério de altura e peso corporal<sup>8,9</sup>. Neste contexto, a fase puberal é um estágio em que diferenças entre sexos tornam-se importantes influências para o desenvolvimento corpóreo e aptidão física do indivíduo<sup>9-11</sup>, sendo esta fase, representativa nas mudanças de composição corporal (hormônios, água, músculo, gordura e ossos) entre os sexos favorecendo o desempenho da capacidade física em meninos em relação às meninas de mesma idade<sup>9-11</sup>. Interessante que na década de 90, foi observado que a maioria dos meninos não alcançava sua altura máxima antes dos 23 anos, já as meninas devido à menarca (aproximadamente aos 12 anos)<sup>7</sup> atingiam a altura máxima próximo dos 17 anos<sup>8</sup>.

Recentemente, muitos estudos descrevem as respostas cardiorrespiratórias e metabólicas em crianças e adolescentes<sup>8-12</sup>, levando em consideração o desenvolvimento biológico e cronológico do indivíduo avaliado.

Neste contexto, se faz necessário o conhecimento e interpretação das variáveis mensuradas no TECP conforme o crescimento e desenvolvimento biológico da criança e adolescente.

## **1.2- Implicações do crescimento e desenvolvimento biológico nas variáveis mensuradas no teste de exercício cardiopulmonar (TECP)**

Com o ganho da idade, crianças e adolescentes apresentam diferenças nas variáveis cardiovasculares, ventilatórias e metabólicas ao exercício<sup>12</sup>. A resposta subjetiva ao esforço também é relevante e avaliada no TECP. A seguir, uma breve redação sobre as variáveis mensuradas no TECP.

### **1.2.1- Variáveis cardiovasculares**

É sabido que crianças apresentam menor volume cardíaco/sanguíneo e apresentam altos níveis estimulantes de quimiorreceptores periféricos<sup>10,13-14</sup>.

No entanto, é possível observar nesta população baixos níveis de catecolamina circulante e alteração nos ajustes termorregulador<sup>15-17</sup>. A soma destes fatores é influente para a resposta do débito cardíaco (DC) que é produto da frequência cardíaca (FC) pelo volume de ejeção sistólica (VS) e, conseqüentemente, também é responsável por influenciar a diferença arteriovenosa de oxigênio [(diferença a-v)O<sub>2</sub>].

### **1.2.2- Frequência cardíaca (FC)**

A frequência cardíaca é uma variável constantemente envolvida e influente nos exercícios físicos<sup>10-17</sup>. Em testes incrementais a frequência cardíaca aumenta paralelamente com a carga imposta.

Testes incrementais até o limite de tolerância levam à exaustão respondendo às necessidades homeostáticas do indivíduo avaliado e como peça fundamental para este fenômeno, a participação do sistema nervoso autônomo é indispensável<sup>18</sup>. Partindo do princípio que a criança tem menor volume cardíaco, conseqüentemente menor é o VS. Contudo, quanto mais jovem for o indivíduo, maior será a atividade cronotrópica para manter o DC adequado às necessidades metabólicas<sup>10</sup>.

### **1.2.3- Volume de ejeção sistólica (VS)**

Como dito anteriormente, em crianças, o volume de sangue ejetado pelo ventrículo esquerdo durante sua contratilidade miocárdica é relativamente inferior comparado a adolescentes e adultos. Este fato é explicado pela participação limitada do inotropismo miocárdico<sup>18</sup> devido ao porte morfológico de pequeno tamanho da área ventricular, conseqüentemente, menor volume permanece ao final da diástole para ser ejetado durante a sístole ventricular<sup>12</sup>. Somado a isso, o VS apresenta reduções devido à alta frequência cardíaca (como descrito no tópico anterior). Devido ao tamanho da câmara cardíaca, durante atividades com cargas incrementais é possível observar um platô no VS com o progredir do exercício<sup>4,12</sup>.

### **1.2.4- Diferença arteriovenosa de oxigênio**

A extração adequada de oxigênio e um bom funcionamento metabólico por parte dos tecidos podem ser observados pela diferença entre os conteúdos

arterial e venoso misto de  $O_2$ . Estudos<sup>11,14</sup> mostram que a diferença arteriovenosa de oxigênio  $[D(a-v)O_2]$  no pico do exercício em crianças é mais baixa quando comparada a de adultos. No entanto, o aumento da  $D(a-v)O_2$  é fundamental devido ao baixo débito cardíaco.  $AD(a-v)O_2$  durante o exercício também é influenciada por outros fatores como a vasodilatação nos músculos em atividade e pela influência do efeito Bohr gerando maior descarregamento de oxigênio pela hemoglobina.

### **1.2.5- Variáveis ventilatórias**

Com o passar dos anos, é possível observar a evolução dos volumes e capacidades pulmonares, sendo que os mesmos aumentam até a fase de maturação do indivíduo<sup>12</sup>. As respostas ventilatórias e de trocas gasosas estão interligadas e são fundamentais para manter a homeostase durante o exercício. Embora o  $O_2$  seja crucial para a respiração celular, o  $CO_2$  afeta substancialmente a resposta ventilatória ao exercício, principalmente em testes máximos, pois com o aumento de sua produção periférica, a ventilação deve ser elevada o suficiente para sua eliminação<sup>4</sup>.

#### **1.2.5.1- Ventilação máxima (VEmáx)**

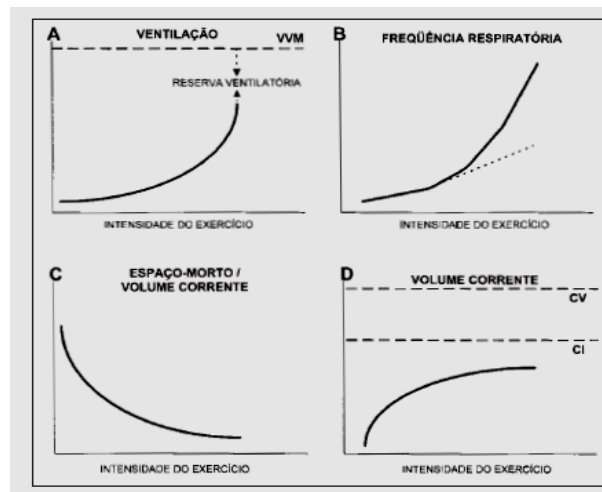
Conhecida também como ventilação minuto. É considerada todo ar que pode ser movido pelos pulmões a cada minuto, ou seja, resultado multiplicação da frequência respiratória e volume corrente. A VEmáx pode variar de 40 a 140 l/min, considerando-se crianças de seis anos até o final da maturidade do sistema pulmonar<sup>12</sup>.

Fatores como aumento do incremento de carga ao exercício, aumento da produção de  $CO_2$  periférico, frequência respiratória e do volume corrente levam ao aumento da VEmáx<sup>4</sup>. Vale ressaltar que, mesmo em testes máximos, esta variável frequentemente é inferior à ventilação voluntária máxima (VVM) em indivíduos saudáveis<sup>4,19</sup>.

#### **1.2.5.2- Frequência respiratória e volume corrente**

A combinação do aumento da frequência respiratória (f) e do volume corrente ( $V_c$ ) elevam a ventilação durante o exercício de carga progressiva (Figura 1). No entanto, a f e o  $V_c$  têm perfil de comportamentos diferentes<sup>4,11-13</sup>.

Inicialmente, a elevação curvilínea da VE se faz por aumento linear do VC e este fator acontece até o VC atingir próximo de 60-70% da capacidade inspiratória (CI), nesta fase, a f pode ser mantida de forma constante, ou aumentar junto com o VC. Em seguida, o VC atinge um platô e neste ponto, a VE aumenta dependente da f, já que esta apresenta uma aceleração (fator observado em altas taxas ventilatórias)<sup>4</sup>.



**Figura 1:** Representação esquemática das principais respostas ventilatórias normais ao exercício incremental. Fonte: Referência Neder et al<sup>4</sup>

Na população pediátrica, quando atingida a fase pré-puberal, as crianças apresentam o comportamento da frequência respiratória semelhante à de um adulto, tanto no repouso como durante um exercício máximo, o mesmo pode ser observado pelo volume corrente<sup>11</sup>.

#### 1.2.6- Variáveis metabólicas

O  $VO_2$  é considerado como uma das principais variáveis analisadas durante o TECP e é classificada como volume de oxigênio extraído a partir do ar inspirado em parte do tempo da ventilação pulmonar<sup>4</sup>. Vale ressaltar que o consumo de oxigênio máximo ( $VO_{2\text{máx}}$ ) está diretamente relacionado com a capacidade aeróbia do indivíduo<sup>1</sup>.

A capacidade oxidativa periférica na população pediátrica é elevada devido à alta ativação de fibras do tipo I<sup>20,21</sup>. O aumento do  $VO_2$  durante o exercício físico está diretamente associado com o uso de  $O_2$  pelas células musculares. Daí a importância de se entender a relação dos sistemas muscular periférico, cardiovascular e ventilatório representados pelas engrenagens clássicas de Wasserman<sup>22,23</sup>. No TECP são obtidos valores que oferecem simultaneamente as respostas dos sistemas respiratório ( $VO_2$  e  $VCO_2$ ), cardiovascular (fluxo de  $O_2$  e  $CO_2$ ) e músculo esquelético (captação periférica de  $O_2$ ,  $QO_2$ , e produção periférica de  $CO_2$ ,  $QCO_2$ )<sup>22,23</sup>.

Com o incremento de carga, o  $VO_2$  aumenta linearmente até próximo ou no momento de máxima tolerância ao esforço, pois a partir deste ponto, independente do incremento de carga, o  $VO_2$  se estabiliza. O momento de estabilização do  $VO_2$  é considerado como consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ )<sup>4</sup>. O  $VO_{2máx}$  é uma variável dificilmente encontrada em indivíduos sedentários.

O  $VO_2$  comumente avaliado em estudos com a população pediátrica é o  $VO_{2pico}$ , ou seja, os estudos consideram o  $VO_2$  atingido no momento de interrupção do exercício (interrupção feita pelo avaliador ou pelo avaliado)<sup>8,12</sup>.

### **1.3- Resposta subjetiva ao esforço**

Crianças e adolescentes saudáveis e sedentárias apresentam uma característica bastante peculiar ao final de um exercício máximo, sendo esta característica o relato de fadiga extenuante em membros inferiores (MMII). O esforço é percebido conforme ocorre o incremento de carga<sup>1,4</sup>. Para a classificação do esforço, escalas subjetivas são aplicadas<sup>24,25</sup>. A escala de Borg<sup>24</sup> é a mais comumente utilizada para percepção de dispneia e fadiga. A Escala Visual Analógica (EVA) legendada também é utilizada como complemento para a avaliação de dispneia na população pediátrica<sup>25</sup>.

### **1.4- Equações de previsão do TECP na população pediátrica**

Durante um exercício intenso, o aumento de trabalho depende do aumento da demanda de trocas gasosas entre a atmosfera e as células musculares, com isso, a ventilação (VE) e a circulação precisam aumentar de

forma integrada e substancial para acompanhar a demanda metabólica mantendo ideal homeostase gasométrica e acidobásica no sangue arterial<sup>4,22,23</sup>. Entretanto, quando observadas alterações nestes mecanismos, é possível determinar limitações cardiovasculares, de trocas gasosas e metabólicas ao esforço<sup>4</sup>. No entanto, para interpretar as respostas fisiológicas ao esforço, são necessários valores de referência que auxiliam na detecção ou não de limitações ao esforço.

Diferentemente da população adulta, a população pediátrica tem um fator importante que deve ser levado em consideração para o estabelecimento de valores normativos para o TECP, ou seja, o estágio de desenvolvimento puberal<sup>26</sup>. Além disso, assim como na população adulta, o sexo e nível de atividade física devem ser considerados<sup>1,27,28</sup>.

Em 2015, uma revisão sistemática<sup>29</sup> teve como objetivo descrever os estudos que estabeleceram valores de referência para o TECP na população pediátrica. Foram incluídos estudos com diferentes protocolos, tanto em esteira como cicloergômetro, sendo o  $VO_2$  máx ou  $VO_2$  pico a variável mais comumente descrita.

O número de estudos que utilizou a esteira ergométrica<sup>1,30-47</sup> foi superior ao uso decicloergômetro<sup>49-62</sup> (20 e 14 estudos, respectivamente). Embora o objetivo do estudo fosse uma revisão sistemática para detectar publicações com valores de referência para o TECP na população pediátrica nos anos de 1980 a 2014, dois desses estudos foram realizados com adultos<sup>50,62</sup>. Um único estudo abordou teste submáximo com protocolo de Balke modificado em esteira ergométrica<sup>42</sup> e dois estudos<sup>36,57</sup> incluíram indivíduos treinados (montaria e natação).

Dos 20 estudos realizados com esteira ergométrica<sup>30-48</sup>, apenas dez estudos<sup>1,30,33,38-41,43,44,47</sup> investigaram o  $VO_2$  na população pediátrica e destes dez, quatro<sup>33,39,43,44</sup> expressaram equações de previsão. Os demais estudos apresentaram valores normativos<sup>1,30,38,40,41,47</sup>. Dos 14 estudos realizados em cicloergômetro<sup>49-62</sup>, quatro avaliaram o  $VO_2$  nesta população<sup>50,53,61,62</sup>, sendo que três incluíram equações de previsão<sup>50,53,61</sup> e um expressou o  $VO_2$  em valores normativos<sup>62</sup>. Portanto, a revisão sistemática contém sete estudos com equação de previsão para o  $VO_2$  no TECP para população pediátrica<sup>33,39,43,44,50,53,63</sup>.



Vale ressaltar que dos sete artigos que desenvolveram equação de previsão apenas os estudos de Cooper<sup>53</sup> e de Ten Harkel<sup>61</sup> abordaram indivíduos com ampla faixa de idade (variando de 6 a 18 anos) e utilizaram a bicicleta como ergômetro para avaliar as respostas ao exercício.

Cooper et al<sup>53</sup> avaliaram 109 indivíduos (59 meninas) com idade entre seis e 17 anos em um protocolo de rampa. O  $VO_{2\text{máx}}$  e limiar anaeróbio (LA) foram dependentes da idade, gênero e altura. Adicionalmente, as meninas apresentaram valores menores comparados aos valores atingidos pelos meninos. Neste estudo, observaram que o comportamento do  $VO_2$  e da FC não diferiu durante o exercício em indivíduos com diferentes alturas e o mesmo foi observado quando os indivíduos foram divididos por faixas de peso corporal. A relação entre a eficiência de trabalho e o  $VO_2$  também foi avaliada e ambas foram independentes do peso corporal. A variável independente que entrou para a equação de previsão foi apenas a altura, explicando 85% do  $VO_{2\text{máx}}$  (Quadro 1).

Com protocolo incremental, utilizando carga de 15W para indivíduos menores do que 150cm e de 20W para indivíduos com altura superior a 150cm, Ten Harkel et al<sup>61</sup> avaliaram 175 indivíduos (93 meninas). Embora neste estudo equações de previsão tenham sido estabelecidas para carga, carga/peso e  $VE/VCO_2$  separadamente para meninas e meninos, para  $VO_{2\text{pico}}$  só foi estabelecida para os meninos e a idade foi a variável independente que permaneceu na equação, explicando 27% do  $VO_{2\text{pico}}$ .

Uma recente revisão sistemática<sup>65</sup> teve como objetivo reunir estudos publicados entre 2014 e 2019 que tivessem estabelecido valores de referência para variáveis do TECP em indivíduos saudáveis. Foram considerados elegíveis na referida revisão sistemática 29 estudos, sendo 12 realizados na população pediátrica. Sete estudos investigaram o  $VO_2$  nesta população, quatro em esteira<sup>64-67</sup> e três em cicloergômetro<sup>68-70</sup>. Apenas dois estudos<sup>68,69</sup> estabeleceram equação de previsão para o  $VO_2$  e foram realizados em cicloergômetro, os demais citados estabeleceram valores normativos.

Blanchard et al<sup>68</sup> estabeleceram equações para adolescentes (12 a 18 anos) através de protocolo incremental. Altura, correção de massa corpórea e idade foram as variáveis independentes que explicaram o  $VO_{2\text{pico}}$  para ambos

os sexos (Quadro 1). Além do  $VO_2$ , foram estabelecidas equações de previsão para a carga máxima atingida no pico do exercício, VE, pulso de  $O_2$  e R para teste máximo e submáximo.

Diferente das equações de Blanchard et al, para a equação de Bongers et al<sup>69</sup> apenas a idade foi preditora do  $VO_2$  em ambas equações, uma para cada sexo (Quadro 1).

Somando os estudos de ambas revisões<sup>29,65</sup>, apenas dois foram realizados com a população brasileira<sup>1,67</sup>(Quadro 1) e ambos utilizaram a esteira ergométrica. No entanto, equações de previsão não foram estabelecidas, sendo descritos os valores normativos do  $VO_2$  e de outras variáveis obtidas no TECP, como: VE, VE/ $VO_2$ , VE/ $VCO_2$ , R, f e carga. No estudo de Rodrigues et al<sup>1</sup>, a faixa etária foi limitada a indivíduos de 10 a 14 anos e o objetivo do estudo foi comparar desempenho entre os sexos. Como esperado, o  $VO_{2máx}$  foi superior nos meninos e ambos os gêneros apresentaram menor aptidão aeróbia, expressa pelo  $VO_{2máx}$ , comparados com dados internacionais. O outro estudo brasileiro, de Neto et al<sup>67</sup>, foi retrospectivo e com tamanho amostral expressivo (18.189 participantes), pois incluiu indivíduos que foram avaliados de 2000 a 2016. No entanto, os autores avaliaram indivíduos com idade entre 13 e 69 anos, e, na mesma análise, englobaram 381 participantes com idade entre 13 e 18 anos de ambos os sexos. Além disso, este estudo foi realizado em um hospital de São Paulo e não está descrito se foram incluídos indivíduos tabagistas, com doenças cardiorrespiratórias, musculoesqueléticas e neuropsicomotoras.

Cinco estudos<sup>50,53,61,68,69</sup> estabeleceram equações de previsão para o  $VO_2$  em cicloergômetro. No entanto, as características antropométricas mais especificamente a altura, é diferente da população pediátrica brasileira e essa variável geralmente é preditora do  $VO_2$ .

**Quadro 1-** Características dos estudos que estabeleceram valores de previsão para o TECP em população pediátrica.

Referência	N (♀/♂)	Idade (anos)	País	Protocolo	Medidas	Dados obtidos VO <sub>2</sub>
<b>Cicloergômetro (Total = 5)</b>						
Andersen <sup>50</sup> 1987	272 (153/119)	16 – 19	Dinamarca	Incremental a cada 3 min	VO <sub>2</sub> máx	0,9755xVExFeO <sub>2</sub>
Cooper <sup>53</sup> 1984	109 (51/58)	6 – 17	EUA	RAMPA	VO <sub>2</sub> máx	(37,1 x altura) – 3770,6 r = 0,85
Ten Harkel <sup>61</sup> 2010	175 (93/82)	8 – 18	Holanda	Incremental <150 cm 15W >150 cm 20W	VO <sub>2</sub> máx VE/VCO <sub>2</sub>	♂ (0,66 x idade) + 38,6 r = 0,27
Blanchard <sup>68</sup> 2018	228 (115/112)	12-17	Canada	Incremental personalizado	VO <sub>2</sub> , Pulso de O <sub>2</sub> , VE, f, W, Slope (variáveis metabólicas e ventilatórias)	♀ (-0,244 x altura) + (86,8 x altura) + (14,7 x correção massa corpórea) + (0 x idade) – 6424 ♂ (-0297 x altura) + (105,0 x altura) + (36,6 x correção massa corpórea) + (0 x idade) – 8660

Bongers <sup>69</sup> 2015	214 (100/114)	8 – 19	Holanda	Godfrey (10, 15, ou 20 W/min)	VO <sub>2</sub> , W, FC, R, VE, VE/VCO <sub>2</sub> , Slope (variáveis metabólicas e ventilatórias)	♀ -342 + (214,606 x idade) R <sup>2</sup> = 0,999 ♂ 577,208 + (52,069 x idade) R <sup>2</sup> = 0,999
<b>Esteira ergométrica (Total = 3)</b>						
Armstrong <sup>34</sup> 1995	164 (11153)	11 – 12	Inglaterra	Incremental Velocidade e Inclinação	VO <sub>2</sub> máx	♂ = 0,745 + 0,029 ♀ = 0,509 + 0,029
Marinov <sup>43</sup> 2007	114 (58/56)	10 -13	Bulgaria	Balke modificado	VO <sub>2</sub> máx, VEpico, VE/VCO <sub>2</sub>	-398+(1,958 x IMC)-(199,5 x sexo) Meninas = 0 Meninas = 1 R <sup>2</sup> = 0,765 p<0,001
Mandadzhieva <sup>41</sup> 2005	153 Búlgaros (78/75) 57 Romanos (29/28)	10 – 11	Bulgária	Balke modificado	VO <sub>2</sub> máx, VE/VCO <sub>2</sub> , FCpico	260 + (28,033 x peso) R <sup>2</sup> =0,280 p=0,012

Estudos Brasileiros						
						Idade (♂/♀)
Rodrigues 2016 <sup>1</sup>	380 (177/103)	10 - 14	Brasil	Rampa	VO <sub>2</sub>	10 (38 ± 6/43 ± 7) 11 (39 ± 7/43 ± 7) 12 (38 ± 6/45 ± 9) 13 (38 ± 4/46 ± 10) 14 (37 ± 6/49 ± 7)
Neto 2019 <sup>67</sup>	18189 (5634/12555 )	13 - 69	Brasil	Incremental	VO <sub>2</sub>	N = 381 (13 – 19 anos) ml/kg/min 37,4 ± 7,7

Abreviaturas: N: número da amostra; ♀: meninas; ♂: meninos; min: minutos; VO<sub>2</sub>: consumo de oxigênio; Max: máximo; Ve: volume de ejeção; FeO<sub>2</sub>: fração expirada de oxigênio; EUA: Estados Unidos da América; >: maior; <: menor; cm: centímetros; W: Watts; VE: ventilação; VCO<sub>2</sub>: produção de gás carbônico; f: frequência respiratória; FC: frequência cardíaca; R: equivalente respiratório; ml: mililitros; kg: quilograma. Fonte: Elaborado pelos autores.

### **1.5 – Cicloergômetro *versus* esteira ergométrica**

Devido à importância da avaliação do TECP, as respostas durante e no pico do teste dependem do desempenho do avaliado, junto com critérios de avaliação pelo avaliador e a escolha adequada do ergômetro. Neder et al<sup>4</sup> compararam as vantagens do uso de cicloergômetro e esteira ergométrica em adultos. O cicloergômetro apresenta vantagens como a quantificação exata da potência, segurança, menos artefatos e melhor qualidade dos sinais, facilidade na obtenção de amostras sanguíneas, além de ser mais compacto, silencioso e com menor custo em relação à esteira ergométrica. Por sua vez, a esteira é um tipo mais familiar de exercício para o indivíduo e determina maior  $VO_2$ máx, maior estresse ventilatório e cardiovascular comparada ao cicloergômetro.

Na população pediátrica, o uso de esteira pode torna-se restrito, pois o teste pode ser interrompido precocemente devido aos incrementos substanciais na velocidade e/ou inclinação, a depender do protocolo, que influenciam a passada. Desta forma, indivíduos mais baixos e, conseqüentemente, com menor comprimento de pernas terão aumento expressivo na taxa de trabalho<sup>4</sup>. Neste contexto, o cicloergômetro não impõe tantas limitações mecânicas, além de reduzir artefatos de movimento no eletrocardiograma e facilitar a medição da pressão arterial<sup>71</sup>.

Para completar a escolha do ergômetro, cansaço extenuante é um dos critérios que caracteriza um teste máximo, favorecendo o uso do cicloergômetro, pois, a maior produção de energia é vinculada ao músculo quadríceps femoral, limitando o fluxo sanguíneo e interrompendo o teste por fadiga em membros inferiores, resultante do aumento do metabolismo local (relação potência aplicada - demanda metabólica)<sup>4,72</sup>.

### **1.6- Reprodutibilidade do TECP na população pediátrica**

A variabilidade de medidas pode ser avaliada de formas diferentes, sendo as formas mais frequentes a avaliação da repetibilidade e reprodutibilidade<sup>73</sup>.

Repetibilidade é a análise da variação de medidas que foram feitas em condições idênticas (mesma ferramenta utilizada, mesmo método e avaliador em um curto período de tempo), já a reprodutibilidade é a análise da variação das medidas feitas sobre condições variáveis (diferentes ferramentas utilizadas, diferentes métodos e avaliadores em um longo período de tempo sem

intercorrências no intervalo)<sup>73</sup>. Pelo TECP ser um teste máximo, geralmente a reprodutibilidade é testada, pois o indivíduo tem um prazo para descanso entre os testes.

Embora o TECP vem sendo muito utilizado para avaliação da população pediátrica<sup>74,75</sup>, estudos de sua reprodutibilidade ainda são escassos.

Saynor et al<sup>76</sup> avaliaram a reprodutibilidade do TECP em 13 crianças com fibrose cística leve e moderada. Realizaram três TECPs (T1, T2 e T3) em cicloergômetro. O segundo teste foi realizado 48h após o primeiro teste e o terceiro teste foi realizado depois de quatro a seis semanas do primeiro teste. Os testes foram reprodutíveis: T1 vs T2 apresentou um coeficiente de correlação intraclasse (CCI) de 0,94 ( $p < 0,01$ ) com variação de  $VO_2$  de 150ml ( $p = 0,14$ ) e T1 vs T3 o CCI foi de 0,93 ( $p < 0,01$ ) com variação do  $VO_{2\text{máx}}$  de 160ml ( $p = 0,21$ ).

Com protocolo diferente, Groot et al<sup>77</sup> compararam dois testes em esteira ergométrica em crianças com espinha bífida. Para isso, realizaram previamente um teste de caminhada de seis minutos (TC6m) para a determinação da intensidade do teste. Foram incluídas 23 crianças, mas 18 realizaram o teste e reteste com intervalo de duas semanas. Os testes mostraram-se reprodutíveis  $VO_{2\text{pico}}$  com CCI de 0,97 e com amplo intervalo de confiança de 95% variando de 6,1 a 12,5.

Cunningham et al<sup>78</sup> avaliaram a reprodutibilidade do  $VO_2$  no pico de dois testes em esteira ergométrica em meninos jogadores de hockey e como esperado este público apresentou um maior  $VO_2$ .

## 2- Justificativa

O teste de exercício cardiopulmonar é o padrão-ouro para a avaliação da capacidade aeróbia, mas para sua adequada interpretação é fundamental o estabelecimento de valores normativos e equações de previsão para confirmar ou não a presença da redução da capacidade aeróbia e, se presente, quantificá-la.

Existem dois estudos que estabeleceram valores normativos para a população brasileira<sup>1,67</sup>. No entanto, eles apresentam algumas limitações metodológicas, como reduzido tamanho amostral<sup>1</sup> e amostra bastante heterogênea e com pouca descrição das suas características em termos de critérios de inclusão e exclusão<sup>67</sup>.

Adicionalmente, o conhecimento da variabilidade das medidas obtidas no TECP é essencialmente importante para determinar resultados de possíveis intervenções e tratamentos utilizados no futuro.

Três estudos avaliaram a reprodutibilidade do TECP na população pediátrica, sendo eles em população não saudável (fibrose cística<sup>76</sup> e espinha bífida<sup>77</sup>), em atletas<sup>78</sup> e com tamanho pequeno da amostra.



### **3- Objetivo**

Determinar os valores de referência do teste de exercício cardiopulmonar em cicloergômetro e testar sua reprodutibilidade em indivíduos de seis a 18 anos saudáveis.

#### **4- Material e Métodos**

Estudo de delineamento transversal. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Nove de Julho (2.235.412). As avaliações foram realizadas após os responsáveis pelas crianças terem lido e assinado o termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo 1) e as crianças e adolescentes terem assinado o termo de assentimento (Anexo 2).

##### **4.1- Amostra**

As crianças e adolescentes foram recrutados em escolas de ensino fundamental e médio localizadas em diferentes regiões de São Paulo e também parentes de funcionários e alunos da Universidade Nove de Julho–UNINOVE.

##### **4.2- Critérios de inclusão e exclusão**

Foram incluídos indivíduos de 6 a 18 anos 11 meses e 29 dias, sem antecedentes de doenças cardiorrespiratórias, neuromusculares ou musculoesqueléticas diagnosticadas.

Foram excluídos voluntários com nascimento prematuro, com obesidade, doença respiratória aguda (infecção de vias aéreas superiores) nos últimos 30 dias, tabagistas e os que não foram capazes de compreender o teste.

##### **4.3- Descrição do Protocolo**

Para ambos os estudos (valores de referência e reprodutibilidade), os voluntários realizaram a espirometria para descartar presença de distúrbios ventilatórios. A composição corporal foi avaliada através da bioimpedância. Questionários foram respondidos para detectar o estágio puberal, o nível socioeconômico e o nível de atividade física praticado diariamente pelos voluntários. Realizaram avaliação do comprimento da perna e avaliação da circunferência da coxa. Fizeram o primeiro TECP (TECP-1).

Para o estudo II, uma visita adicional foi realizada, com intervalo mínimo de 72 horas, para a realização do segundo TECP (TECP-2).

As avaliações estão descritas detalhadamente no item 4.3.1.

### **4.3.1- Avaliações**

Os voluntários foram orientados a não realizar exercícios vigorosos no dia das avaliações, não fazer uso de bebida alcoólica por 48 horas, não ingerirem café, chá ou refrigerante com cafeína no dia do teste. Foram orientados a manter jejum 4 horas e esvaziar a bexiga 30 minutos antes da bioimpedância.

#### **4.3.1.1- Espirometria**

A espirometria foi realizada no sistema CPX Ultima (Medical Graphics Corporation, St. Paul, MN), por meio de um microcomputador Breeze Cardio<sub>2</sub> System<sup>®</sup>, seguindo as normas da Sociedade Brasileira de Pneumologia<sup>79</sup>. A espirometria é feita na primeira visita. As seguintes variáveis foram registradas: CVF, VEF<sub>1</sub>, VEF<sub>1</sub>/CVF. Os dados obtidos foram expressos em valores absolutos e em porcentagem do previsto para a população brasileira. A *Function Initiative scale* foi utilizada para classificar os valores obtidos na espirometria através do score-z (inferior a 1,64 foram considerados valores normais, escores de 1,64 a 2,5 foram considerados como obstrução leve, escores de 2,5 a 3,5 foram considerados como obstrução moderada, e os escores superiores a 3,5 foram considerados como obstrução grave)<sup>80</sup>.

#### **4.3.1.2- Questionários**

##### Determinação do estágio puberal

Todos os voluntários responderam a ficha de classificação dos estágios de maturação sexual<sup>81,82</sup>. A avaliação foi feita e dividida por sexo, ou seja, as meninas responderam suas classificações quanto ao tamanho das mamas e sobre as características dos pêlos púbicos, enquanto os meninos responderam quanto ao tamanho das genitais e sobre as características dos pêlos púbicos.

A pontuação é somada, quanto menor a pontuação, menor é o estágio de maturação sexual, ou seja, o estágio 1 corresponde à fase infantil, e o estágio 5 corresponde à fase pós-puberal (adulta). Os estágios 2, 3 e 4 correspondem ao período puberal. Para evitar constrangimento, o voluntário recebeu a ficha de avaliação (Anexo 3) e realizou a própria avaliação<sup>81,82</sup>.

### Questionário de atividade física

O *International Physical Activity Questionnaire* (IPAQ) (ANEXO 4) foi o questionário utilizado para avaliar os níveis de prática de atividade física e foi utilizada a versão validada para a população brasileira<sup>83</sup>.

O IPAQ foi validado para adolescentes<sup>84</sup> e utilizamos sua versão curta para estratificar os níveis de prática habitual de atividade física. O questionário foi respondido pelos próprios voluntários quando a idade era superior a 14 anos. Para os voluntários menores do que 14 anos, o questionário foi respondido por seus responsáveis<sup>85</sup>.

### Questionário de avaliação socioeconômica

Para caracterizar a população estudada aplicamos aos responsáveis um questionário socioeconômico<sup>86</sup> - Critério de Classificação Econômica Brasil. Os seguintes questionamentos foram feitos para essa classificação: em sua residência quais desses itens estão presentes e em qual quantidade (banheiro, empregados domésticos, automóveis, microcomputador, lava louça, geladeira, freezer, lava roupa, DVD, micro-ondas, motocicleta e secadora de roupa), qual grau de escolaridade da pessoa referência da família e se a família tem acesso a serviços públicos (água encanada, rua pavimentada).

Esse questionário estratifica a população em classe A1, B1, B2, C1, C2 ou D-E, sendo a classe A1 com melhor nível socioeconômico (45 a 100 pontos) e D-E, o pior (0 a 16 pontos). A renda média domiciliar também foi calculada e estratificada em A1, B1, B2, C1, C2 ou D-E, sendo o estrato A1 com melhor renda média domiciliar (R\$ 20.888,00) e D-E a pior (R\$ 768,00).

### Questionário de saúde

O questionário ATS-DLD78-C modificado<sup>87</sup> foi respondido pelos responsáveis. O questionário é composto por nove questões relacionadas ao histórico de sinais e sintomas de doenças respiratórias como tosse, chiado no peito e cansaço; doenças respiratórias na família; utilização de medicações aguda e cronicamente. Os responsáveis também foram questionados sobre o histórico da gestação do voluntário e história de tabagismo. Esse questionário pontua os indivíduos entre 0 –

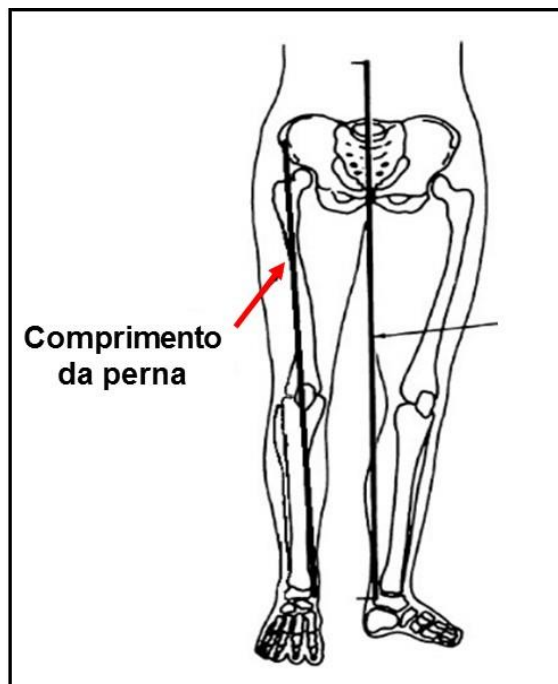
11. Voluntários que alcançaram sete ou mais pontos, histórico de prematuridade ou tabagismo foram excluídos do estudo (Quadro 2).

**Quadro 2** - Variáveis analisadas no questionário de saúde.

<b>Questões</b>	<b>Variáveis</b>	<b>Pontos</b>
1	Chiado	1
2	Exercício	2
3	Hospitalização	1
4	Broncodilatadores	1
5	Bronquiolite, asma ou pneumonia	1
6	Diagnostico de asma	2
7	Sintoma de rinite	1
8	Atopia familiar	1
9	Imunoterapia	1

#### 4.3.1.3- Comprimento da perna

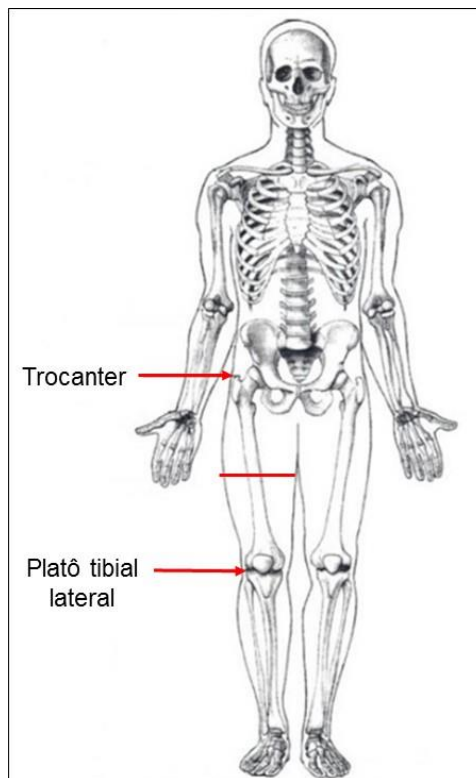
O comprimento real da perna foi obtido com o indivíduo em posição ortostática, descalço e com roupa leve. Foi aferido o comprimento da perna direita, por meio de uma fita métrica que mediu a distância entre a espinha íliaca ântero-superior até a base do maléolo medial<sup>88</sup>(Figura 3).



**Figura 3**– Representação da aferição do comprimento real da perna<sup>88</sup>.

#### 4.3.1.4- Circunferência da coxa

A medida da circunferência da coxa foi obtida com o indivíduo em posição ortostática. A medição da circunferência foi feita no ponto médio da coxa direita, localizado entre o trocânter maior do fêmur e a extremidade superior da tíbia por meio de uma fita métrica (Figura 4).



**Figura 4** – Representação para aferição do ponto médio de circunferência da coxa<sup>88</sup>.

#### 4.3.1.5- Teste de exercício cardiopulmonar (TECP)

O teste de exercício cardiopulmonar (TECP) foi realizado em um cicloergômetro de frenagem eletromagnética (Corival<sup>®</sup>, *LODE B.V. Medical Technology Groningen – Netherlands*) conectado a um sistema composto por módulo de análise de gases, acoplado a um módulo de fluxo/analizador de ondas e um sistema metabólico computadorizado (MGC, CPX<sup>®</sup>System. Medical Graphics Corporation, USA), o qual, respiração-a-respiração, registrou as seguintes variáveis: consumo de oxigênio ( $VO_2$ , ml/min) e produção de dióxido de carbono ( $VCO_2$ , ml/min), ventilação minuto (VE, L/min), volume corrente ( $V_c$ , L), frequência respiratória ( $f$ , resp/min), razão de trocas gasosas (R) e os equivalentes ventilatórios para  $O_2$  e  $CO_2$ :  $VE/VO_2$ ,  $VE/VCO_2$ , pressões parciais de  $O_2$  e  $CO_2$  (PETO<sub>2</sub> e PETCO<sub>2</sub>). O traçado eletrocardiográfico, a frequência cardíaca (FC) e a saturação de pulso de oxigênio (SpO<sub>2</sub>) foram registrados continuamente. A pressão arterial foi monitorada a cada dois minutos de exercício. A interface entre o sistema metabólico e o paciente foi um bocal.

A altura do selim foi ajustada, com o paciente em pé (posicionamos o selim ao nível do trocanter maior), após este ajuste, com o paciente sentado, com os membros inferiores quase completamente estendidos no ponto mais distal de excursão dos pedais (ângulo perna-coxa de aproximadamente  $5^{\circ}$ - $15^{\circ}$ )<sup>4</sup>.

Antes e imediatamente após os testes, o indivíduo quantificou a percepção de dispneia e fadiga, por meio da escala de Borg modificada<sup>24</sup> (Anexo 5) e dispneia pela Escala Visual Analógica (EVA) legendada<sup>25</sup> (Anexo 6).

O incremento de carga (3 a 25 watts/min) foi definido de acordo com a avaliação inicial, que levou em consideração as informações colhidas do IPAQ, sendo o ajuste de carga ajustado de tal forma que o teste fosse limitado por sintomas num tempo entre seis e 10 minutos para crianças e oito a 12 minutos para adolescentes<sup>71</sup>. Outros critérios considerados para um teste máximo foram FC no pico do exercício  $\geq 95\%$  da prevista, esta analisada através da fórmula  $208 - (0,7 \times \text{idade})$ , equivalente respiratório ( $R: VCO_2/VO_2$ )  $\geq 1,1$  e cansaço extenuante<sup>89</sup>.

Quando o indivíduo não conseguiu realizar dois testes com características de teste máximo, um terceiro teste foi realizado em um intervalo mínimo de 24 horas<sup>90</sup>.

O indivíduo foi encorajado a alcançar esforço máximo e orientado a interrompê-lo na presença de mal-estar, lipotimias, náuseas, dispneia importante, fadiga extrema ou precordialgia. O examinador, por sua vez, interrompeu o teste na presença de  $SpO_2 < 80\%$ , arritmias cardíacas ou resposta anormal da pressão arterial e quando o indivíduo não conseguiu manter 50-60 rotações/min no cicloergômetro durante o teste apesar de encorajamento verbal.

#### **4.3.1.9- Bioimpedância e Índice de massa corpórea**

A avaliação da composição corporal<sup>91</sup> foi realizada pela balança hidroeletrólítica (bioimpedância - aparelho Quantum BIA-101Q da marca RJL-101TM®). O teste baseia-se na condução de uma corrente elétrica de baixa intensidade através de dois eletrodos nas extremidades de hemicorpo direito, que obtém valores de quantidade de gordura, massa magra em quilos e porcentagem do previsto, e o índice de massa corpórea (IMC), através da impedância ou resistência ao fluxo desta corrente. O voluntário foi orientado a manter-se em posição supina, retirando os calçados e meias, tendo o cuidado de manter os



membros superiores e os inferiores separados do corpo em aproximadamente 30°, a partir da linha média.

Os pontos corporais em contato com os eletrodos foram previamente limpos com álcool, a fim de se retirar a oleosidade da pele e garantir melhor contato com o eletrodo. A massa magra foi obtida a partir da seguinte equação: Massa magra =  $2,38 + (0,58 E^2/R) + (0,23 \times PCT)$ , onde  $E^2$ : estatura ao quadrado, RE: resistência e PCT: peso corporal total.

O índice de massa corpórea (IMC) será classificado de acordo com a curva de índice de massa corporal em z-escore da Organização Mundial da Saúde-2007 (OMS).

## 5- Análise estatística

### 5.1 - Estudo I

Os dados tiveram sua aderência à curva de Gauss testada pelo teste de Shapiro-Wilk. As variáveis com distribuição paramétrica e não paramétrica foram expressas por média e desvio padrão (DP) ou mediana e intervalo interquartilício, respectivamente.

As diferenças entre crianças e adolescentes para as variáveis do TECP foram analisadas pelo teste *t* de Student não pareado quando as variáveis apresentaram distribuição paramétrica e pelo teste de Mann-Whitney quando não paramétrica.

Os coeficientes de correlação de Pearson (dados paramétricos) ou Spearman (dados não paramétricos) foram utilizados para correlacionar as variáveis independentes (idade, peso, altura, IMC, gênero, circunferência de coxa e comprimento de perna) com as variáveis dependentes (VO<sub>2</sub>máx e carga (W) no TECP) a fim de selecioná-las para a análise de regressão linear múltipla (*stepwise*) para determinar o VO<sub>2</sub>máx e carga no TECP.

### 5.2 – Estudo II

Os dados tiveram sua aderência à curva de Gauss testada pelo teste de Shapiro-Wilk. As variáveis com distribuição paramétrica e não paramétrica foram expressas por média e desvio padrão (DP) ou mediana e intervalo interquartilício, respectivamente.

As diferenças entre crianças e adolescentes para as variáveis do TECP foram analisadas pelo teste *t* de Student não pareado quando as variáveis apresentaram distribuição paramétrica e pelo teste de Mann-Whitney quando não paramétrica.

Para avaliação da reprodutibilidade e para a confiabilidade foram utilizadas as recomendações segundo *Consensus-based Standards for the Selection of Health Measurement Instruments (COSMIN)*, como: o coeficiente de correlação intraclasse, análise de Bland-Altman (TECP2 – TECP1), erro padrão da medida (EPM = DP  $\sqrt{1 - ICC}$ ), alfa de Cronbach e a diferença mínima detectável (DMD = 1,96  $\sqrt{2} \times$  EPM).

Um  $p < 0,05$  foi considerado como significativo.

A análise estatística será realizada no programa SPSS versão 22.

## 6- Cálculo Amostral

Para o cálculo amostral do Estudo 1 (artigo 1) foi utilizada a Equação de Tabachnick<sup>92</sup> que considera o  $N > 50 + 8M$ , onde M representa o número de variáveis independentes. No presente estudo foram utilizadas sete variáveis independentes (sexo, peso, altura, idade, IMC, comprimento da perna e circunferência da coxa) sendo 106 indivíduos por sexo, totalizando 212 crianças e adolescentes.

Considerando, possíveis perdas amostrais, acrescentamos 20% ao cálculo amostral, o que resultou em uma amostra de 254 indivíduos (arredondamos para 130 meninos e 130 meninas) sendo 10 meninos e 10 meninas para cada 12 meses de idade (6 a 6 anos e 11 meses e 29 dias; 7 a 7 anos e 11 meses e 29 dias; 8 a 8 anos e 11 meses e 29 dias; 9 a 9 anos e 11 meses e 29 dias; 10 a 10 anos e 11 meses e 29 dias; 11 a 11 anos e 11 meses e 29 dias, 12 a 12 anos e 11 meses e 29 dias; 13 a 13 anos e 11 meses e 29 dias; 14 a 14 anos e 11 meses; 15 a 15 anos e 11 meses; 16 a 16 anos e 11 meses e 17 a 17 anos e 11 meses e com 18 a 18 anos e 11 meses) (vide Quadro 3).

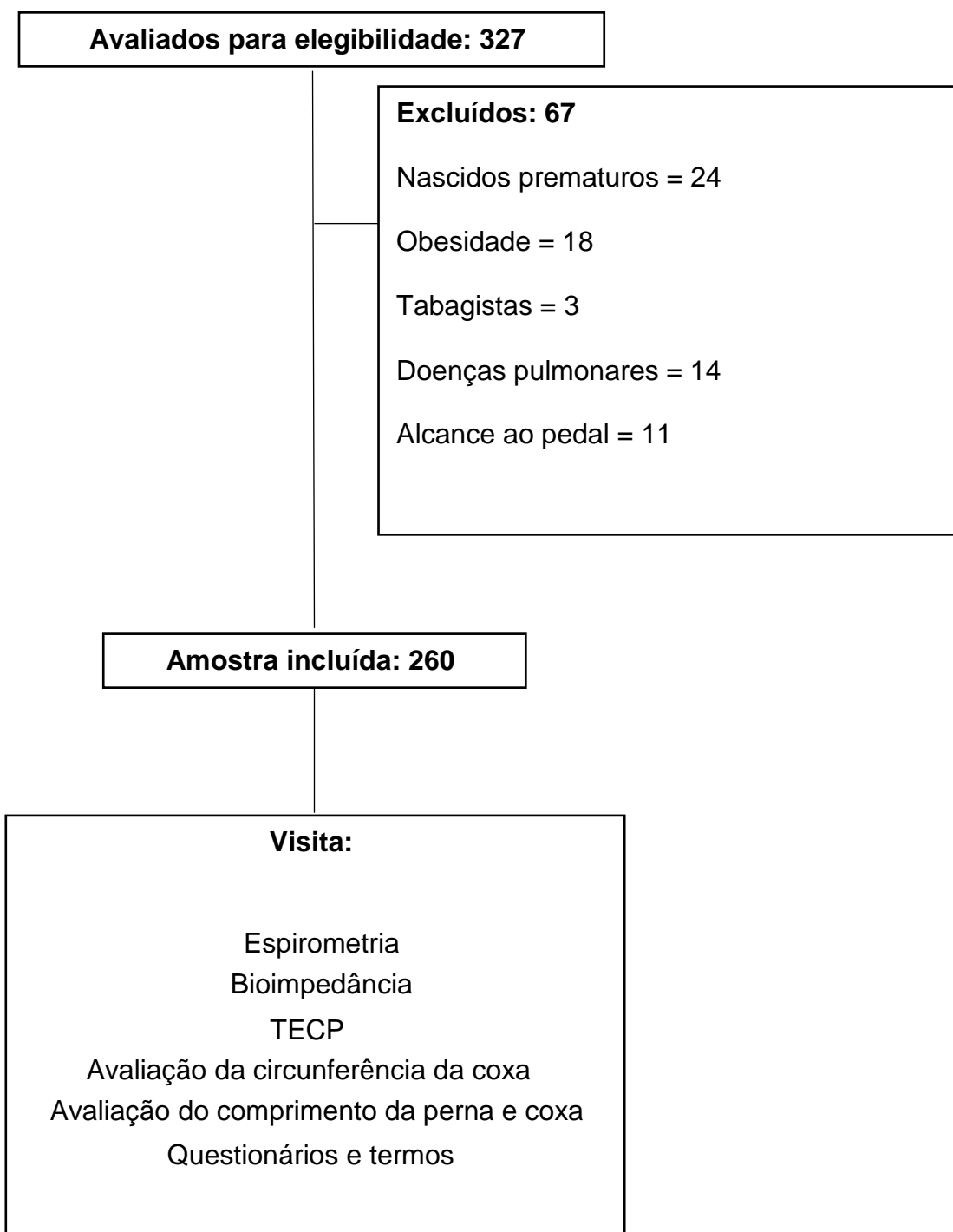
Para o Estudo 2 (artigo 2) utilizamos as recomendações segundo *COSMIN*<sup>93</sup> para estudos quantitativos, consideramos um  $n \geq 100$ . Sendo 5 indivíduos por idade e por sexo (vide Quadro 3).

**Quadro 3-** Distribuição do tamanho amostral por idade e sexo para cada estudo.

<b>Idade</b>	<b>Estudo 1</b>		<b>Estudo 2</b>	
	<b>Meninas (n =130)</b>	<b>Meninos (n =130)</b>	<b>Meninas (n =65)</b>	<b>Meninos (n =65)</b>
<b>6 anos 11 meses 29 dias</b>	10	10	5	5
<b>7 anos 11 meses 29 dias</b>	10	10	5	5
<b>8 anos 11 meses 29 dias</b>	10	10	5	5
<b>9 anos 11 meses 29 dias</b>	10	10	5	5
<b>10 anos 11 meses 29 dias</b>	10	10	5	5
<b>11 anos 11 meses 29 dias</b>	10	10	5	5
<b>12 anos 11 meses 29 dias</b>	10	10	5	5
<b>13 anos 11 meses 29 dias</b>	10	10	5	5
<b>14 anos 11 meses 29 dias</b>	10	10	5	5
<b>15 anos 11 meses 29 dias</b>	10	10	5	5
<b>16 anos 11 meses 29 dias</b>	10	10	5	5
<b>17 anos 11 meses 29 dias</b>	10	10	5	5
<b>18 anos 11 meses 29 dias</b>	10	10	5	5

## 7 – Estudo I (Artigo 1)

### 7.1- Fluxograma do estudo I (Artigo 1)



**Figura 1 (estudo 1):** Fluxograma do protocolo do estudo

## **7.2–Resultados do estudo I (Artigo 1):**

Os resultados da presente Tese estão apresentados no formato de artigos.

### **Valores de referência para o teste de exercício cardiopulmonar em crianças e adolescentes saudáveis**

#### **7.2.1 - Introdução**

Na pediatria o teste de exercício cardiopulmonar (TECP) é comumente utilizado para avaliar capacidade aeróbia tanto na saúde como em condições de doenças crônicas<sup>2,4</sup>, pois avalia as variáveis fisiológicas mais relevantes<sup>4</sup>. O TECP em sua complexidade é útil para avaliar parâmetros de medidas simples durante o exercício como a taxa de trabalho (W), frequência cardíaca (FC), ventilação (VE) e o consumo de oxigênio ( $VO_2$ ).

A escolha do ergômetro é um fator fundamental para a realização do TECP. Com o uso de esteira ergométrica o teste pode ser interrompido precocemente devido aos incrementos substanciais na velocidade e/ou inclinação, a depender do protocolo, que influenciam a passada. Desta forma, indivíduos mais baixos e, conseqüentemente, com menor comprimento de pernas terão aumento expressivo na taxa de trabalho<sup>4</sup>. Em contrapartida, o cicloergômetro não impõe tantas limitações mecânicas comparado ao uso de esteira ergométrica, além de reduzir artefatos de movimento no eletrocardiograma e facilitar na medição da pressão arterial<sup>71</sup>. Para completar a importância do cicloergômetro, cansaço extenuante é um dos critérios que caracteriza um teste máximo, a maior produção de energia é vinculada ao músculo quadríceps femoral, limitando o fluxo sanguíneo e interrompendo o teste por fadiga em membros inferiores, resultante do aumento do metabolismo local (relação potência aplicada - demanda metabólica)<sup>4,72</sup>.

O  $VO_2$  é uma das principais variáveis obtidas pelo TECP<sup>4</sup> e representa a capacidade aeróbia do indivíduo. Outra variável, sinônimo de desempenho físico, é a carga máxima atingida no TECP. Para adequada interpretação desses parâmetros, é fundamental contrastá-los com valores de referência. Até a presente data, sete estudos<sup>1,50,53,61,67,68,69</sup> estabeleceram valores para o TECP em cicloergômetro na pediatria. No entanto, apenas cinco estudos<sup>50,53,61,68,69</sup> estabeleceram equações de previsão e os outros dois<sup>1,67</sup> estabeleceram valores

normativos para o  $VO_2$  na população pediátrica. Embora os estudos que descreveram equações de previsão tenham abordado uma ampla faixa etária, a grande maioria avaliou população não brasileira. As características antropométricas, por exemplo, a altura, é relativamente desproporcional (sendo menor no público brasileiro), e a constante da variável independente (altura) apresentada nas equações, é um fator influenciável nos resultados.

Neste contexto, apenas dois estudos<sup>1,67</sup> avaliaram o TECP na população brasileira e estabeleceram valores normativos para o  $VO_{2pico}$ . No entanto, o estudo de Rodrigues et al avaliou uma faixa etária estreita (10 – 14 anos)<sup>1</sup> e o estudo de Neto et al avaliaram de forma retrospectiva resultados de TECP de um laboratório de São Paulo e não descreveram as condições de saúde da população avaliada, ou seja, se incluíram indivíduos com doenças cardiovasculares, pulmonares, musculoesqueléticas, obesos e tabagistas<sup>67</sup>.

O objetivo deste estudo é determinar os valores de referência para o  $VO_2$  e carga a partir do teste de exercício cardiopulmonar em cicloergômetro para indivíduos de seis a 18 anos saudáveis.

### **7.2.2 - Resultados**

Foram triados para o estudo 327 indivíduos (167 meninas e 160 meninos), sendo que 67 foram excluídos (obesos = 18; tabagistas = 3; doenças pulmonares = 14; não alcançaram o pé no pedal = 11 e prematuros = 24) fazendo parte, portanto, do estudo 260 indivíduos (130 meninas e 130 meninos). A amostra total foi subdividida em dois grupos, crianças (n = 100, sendo 50 meninas) e adolescentes (n = 160, sendo 80 meninas). As características da amostra estão na Tabela 1 (estudo 1).

Todos os indivíduos foram classificados com função pulmonar normal (z-score inferior a 1,64)

No questionário de saúde, todos os indivíduos foram classificados com pontuação inferior a sete, excluindo qualquer doença respiratória, tabagistas e nascidos prematuros (pontuação/n: 0=60; 1=62; 2=50; 3=32; 4=22; 5=15; 6=19). Ao avaliar as condições socioeconômicas, 90% da amostra foi classificada como classe média-baixa (classe socioeconômica/n: A=15; B1=28; B2=63; C1=87; C2=56; D/E=11).

**Tabela 1 (estudo I) – Características basais da amostra**

<b>Variáveis</b>	<b>Amostra total</b> n = 260 (♀ = 130)	<b>Crianças</b> n = 100 (♀ = 50)	<b>Adolescentes</b> n = 160 (♀ = 80)	<b>P</b>
Idade, anos	12 ± 4	8 ± 2	14 ± 3	<0,001
Peso, kg	44 ± 16	29 ± 6	54 ± 12	<0,001
Altura, m	1,49 ± 0,18	1,30 ± 0,09	1,61 ± 0,11	<0,001
IMC, kg/m <sup>2</sup>	19 ± 4	17 ± 3	21 ± 3	<0,001
Massa magra, kg (%)	35 ± 13 (78 ± 9)	34 ± 11 (78 ± 9)	36 ± 14 (78 ± 9)	0,288 (0,214)
Gordura, kg (%)	10 ± 9 (22 ± 15)	11 ± 10 (22 ± 9)	10 ± 8 (23 ± 19)	0,466 (0,949)
Comprimento MI, cm	80 ± 18	78 ± 18	84 ± 16	<0,001
Circunferência coxa, cm	48 ± 12	51 ± 14	46 ± 9	<0,001
CVF, L (%)	2,79 ± 1,10 (102 ± 17)	1,78 ± 0,39 (99 ± 17)	3,42 ± 0,92 (103 ± 17)	<0,001 (0,094)
VEF <sub>1</sub> , L (%)	2,50 ± 0,98 (99 ± 16)	1,61 ± 0,33 (98 ± 16)	3,06 ± 0,83 (99 ± 17)	<0,001 (0,435)
VEF <sub>1</sub> /CVF	90 ± 8	91 ± 8	90 ± 8	0,142
FEF <sub>25-75</sub> , L (%)	3,10 ± 1,39 (117 ± 39)	2,12 ± 0,61 (126 ± 38)	3,72 ± 1,38 (112 ± 39)	<0,001 (0,007)
PFE, L	4,68 ± 2,03 (86 ± 22)	3,28 ± 1,18 (126 ± 38)	5,56 ± 1,96 (86 ± 23)	<0,001 (0,0968)

Abreviaturas: n: número de voluntários; ♀: meninas; kg: quilograma; m: metros; IMC: Índice de massa corpórea; kg/m<sup>2</sup>: quilograma por metro ao quadrado; %: porcentagem; MI: membro inferior; cm: centímetros; CVF: Capacidade vital forçada; L: Litros; %prev: porcentagem do previsto; VEF<sub>1</sub>: Volume expiratório forçado no primeiro segundo, FEF<sub>25-75</sub>%; fluxo expiratório forçado médio; PFE: pico de fluxo expiratório.



**Tabela 2 (estudo 1)-** Distribuição da amostra conforme o sexo segundo a classificação do estágio puberal.

	<b>Amostra Total</b> <b>N = 260</b>		<b>Crianças</b> <b>N = 100</b>		<b>Adolescentes</b> <b>N = 160</b>	
	♀=130 Pêlos/Mamas	♂=130 Pêlos/Genitais	♀=50 Pêlos/Mamas	♂=50 Pêlos/Genitais	♀=80 Pêlos/Mamas	♂=80 Pêlos/Genitais
Infantil, n	38/45	38/33	15/18	14/15	23/27	24/18
Puberal, n	79/66	82/80	18/22	33/27	51/44	49/53
Pós-puberal, n	13/19	10/17	7/10	3/8	6/9	7/9

Abreviaturas: n: número de indivíduos.

Os valores de  $VO_{2pico}$  e carga para cada idade e sexo podem ser visualizados na Tabela 3 (estudo I)

**Tabela 3 (estudo I)**-Valores de VO<sub>2</sub>pico e carga para cada idade e sexo no pico do TECP.

Idade, anos	VO <sub>2</sub> pico, L/min		Carga pico, W	
	Média ± DP (Min – Máx)		Média ± DP (Min – Máx)	
	♀ (n = 130)	♂ (n = 130)	♀(n = 130)	♂(n = 130)
6	1,06 ± 0,36 (0,545; 1,676)	1,40 ± 0,52 (0,916; 2,359)	41 ± 15 (24 – 80)	43 ± 8 (31 – 53)
7	1,55 ± 0,53 (0,800; 2,635)	1,34 ± 0,66(0,597; 2,295)	56 ± 15 (41 – 91)	48 ± 10 (32 – 64)
8	1,33 ± 0,60 (0,735; 2,506)	1,20 ± 0,56 (0,719; 2,679)	55 ± 11 (42 – 75)	62 ± 19 (43 – 99)
9	1,32 ± 0,74 (0,404; 2,770)	1,10 ± 0,38 (0,561; 1,759)	67 ± 21 (37 – 114)	65 ± 16 (48 – 91)
10	1,65 ± 0,89 (0,457; 2,819)	2,01 ± 0,97 (0,784; 3,309)	70 ± 13 (56 – 90)	87 ± 19 (69 – 122)
11	2,61 ± 0,73 (0,750; 3,312)	2,81 ± 0,28 (2,388; 3,245)	80 ± 18 (47 – 101)	91 ± 21 (59 – 122)
12	1,11 ± 0,50 (0,497; 1,901)	1,09 ± 0,38 (0,586; 1,767)	86 ± 19 (63 – 120)	117 ± 26 (80 – 150)
13	1,28 ± 0,54 (0,539; 2,337)	1,57 ± 0,90 (0,684; 3,106)	100 ± 17 (64 – 125)	155 ± 48 (97 – 227)
14	1,41 ± 0,49 (0,660; 2,172)	1,31 ± 0,82 (0,524; 3,344)	98 ± 24 (66 – 138)	155 ± 41 (65 – 216)
15	1,51 ± 0,66 (0,697; 2,747)	1,40 ± 0,64 (0,635; 2,456)	100 ± 27 (77 – 137)	179 ± 32 (124 – 222)
16	0,98 ± 0,60 (0,465; 2,310)	1,31 ± 0,36 (0,540; 1,873)	112 ± 29 (77 – 163)	240 ± 28 (207 – 295)
17	1,16 ± 0,49 (0,422; 1,849)	1,03 ± 0,30 (0,557; 1,432)	120 ± 21 (80 – 147)	198 ± 94 (129 – 237)
18	1,49 ± 0,69 (0,516; 2,421)	1,42 ± 0,56 (0,916; 2,545)	105 ± 22 (74 – 125)	227 ± 35 (141 – 285)

Abreviaturas: VO<sub>2</sub>: consumo de oxigênio; L/min: litros por minuto; DP: desvio padrão; Min: mínimo; Máx: máximo; W: watts; ♀: meninas; ♂: meninos; n: número de indivíduos

**Tabela 4 (estudo I)-** Comparação das variáveis no pico do teste entre crianças e adolescentes e entre os sexos.

Variáveis	Crianças			Adolescentes			Crianças			Adolescente		
	n = 100 (♀ = 50)	n = 160 (♀ = 80)	P	♀ = 50	♂ = 50	P	♀ = 80	♂ = 80	p			
<b>Metabólicas</b>												
VO <sub>2</sub> , L/min	1,32 ± 0,64	1,43 ± 0,74	0,210	1,38 ± 0,65	1,41 ± 0,70	0,828	1,45 ± 0,74	1,49 ± 0,76	0,717			
VO <sub>2</sub> , ml/kg/min	49 ± 24	30 ± 19	<0,001	48 ± 21	51 ± 27	0,511	30 ± 19	29 ± 20	0,530			
VCO <sub>2</sub> , L/min	1,63 ± 0,81	1,91 ± 3,03	0,189	1,68 ± 0,84	1,69 ± 0,83	0,952	1,69 ± 0,94	2,23 ± 0,17	0,266			
R	1,19 ± 0,91	1,16 ± 0,08	0,791	1,17 ± 0,20	1,20 ± 0,12	0,345	1,15 ± 0,09	1,19 ± 0,11	0,028			
<b>Ventilatórias</b>												
VE, L/min	55 ± 27	52 ± 27	0,739	55 ± 24	59 ± 29	0,447	51 ± 26	55 ± 28	0,422			
f, rpm	54 ± 14	48 ± 12	0,145	55 ± 14	56 ± 14	0,505	47 ± 12	49 ± 10	0,208			
Vc, L	1,04 ± 0,53	1,11 ± 0,59	0,264	1,04 ± 0,47	1,08 ± 0,55	0,671	1,12 ± 0,62	1,15 ± 0,60	0,775			
VE/VO <sub>2</sub>	42 ± 9	37 ± 6	0,061	41 ± 7	43 ± 10	0,285	36 ± 5	37 ± 6	0,365			
VE/VCO <sub>2</sub>	34 ± 5	32 ± 5	0,931	34 ± 5	35 ± 5	0,184	32 ± 4	31 ± 5	0,599			
SpO <sub>2</sub> , %	97 ± 2	96 ± 2	0,013	96 ± 2	96 ± 2	0,398	97 ± 2	96 ± 2	0,437			
<b>Cardiovascular</b>												
FC, bpm	189 ± 7	189 ± 6	0,850	189 ± 7	189 ± 6	0,817	189 ± 6	189 ± 6	0,859			
FC, %/prev	94 ± 5	96 ± 3	0,005	95 ± 7	94 ± 5	0,482	96 ± 3	96 ± 3	0,868			
<b>Sintomas</b>												
Borg (dispneia)	4 (2 – 7)	4 (2 – 6)	0,272	3 (2 – 7)	5 (2 – 7)	0,544	4 (3 – 5)	5 (3 – 6)	0,655			
Borg (MMII)	7 (5 – 9)	7 (5 – 9)	0,507	6 (4 – 9)	7 (5 -10)	0,166	7 (5 – 9)	7 (5 – 9)	0,530			
EVA	2 (1 – 2)	2 (1 – 2)	0,206	2 (1 – 2)	2 (1 – 2)	0,575	2 (1 - 2)	2 (1 - 2)	0,434			
<b>Teste</b>												
Carga, W	59 ± 16	134 ± 55	<0,001	58 ± 18	61 ± 21	0,351	100 ± 23	169 ± 58	<0,001			
Tempo, min	9,13 ± 1,39	9,39 ± 1,31	0,426	9,02 ± 1,53	9,34 ± 1,35	0,264	9,15 ± 1,26	10,14 ± 1,28	0,006			

Abreviaturas: n: número de indivíduos; ♀: meninas; VO<sub>2</sub>: consumo de oxigênio; L/min: litros por minuto; VCO<sub>2</sub>: produção de gás carbônico; R: razão de troca respiratória; VE: ventilação; f: frequência respiratória; rpm: respirações por minuto; Vc: volume corrente; SpO<sub>2</sub>: saturação de pulso de oxigênio; %: porcentagem; FC: frequência cardíaca; bpm: batimentos por minuto; %/prev: porcentagem do previsto; MMII: membros inferiores; EVA: escala visual analógica; W: watts; min: minutos. Dados expressos em média ± desvio padrão, com exceção dos sintomas que estão expressos em mediana e intervalo interquartil (25-75%).

As correlações entre o  $VO_2$  pico e carga com as variáveis antropométricas podem ser observadas na Tabela 5 (estudo I).

**Tabela 5 (estudo I)-** Correlações do  $VO_2$  pico e da carga pico com as variáveis independentes.

Variáveis	Amostra Total n = 260 (♀ = 130)		Crianças n = 100 (♀ = 50)		Adolescentes n = 160 (♀ = 80)	
	R	P	R	P	R	P
<b>VO<sub>2</sub>, L/min</b>						
Idade, anos	-0,070	0,262	0,202	0,043	-0,352	<0,001
Peso, kg	-0,014	0,820	0,154	0,125	-0,156	0,049
Altura, m	0,028	0,653	0,276	0,005	-0,170	0,031
IMC, kg/m <sup>2</sup>	-0,067	0,282	-0,118	0,242	-0,116	0,144
Gênero	0,026	0,673	0,022	0,828	0,029	0,717
Comprimento MI, cm	0,597	<0,001	0,509	<0,001	0,676	<0,001
Circunferência coxa, cm	0,344	<0,001	0,145	0,151	0,589	<0,001
<b>Carga, W</b>						
Idade, anos	0,729	<0,001	0,623	<0,001	0,471	<0,001
Peso, kg	0,772	<0,001	0,502	<0,001	0,599	<0,001
Altura, m	0,817	<0,001	0,686	<0,001	0,735	<0,001
IMC, kg/m <sup>2</sup>	0,499	<0,001	0,050	0,619	0,251	<0,001
Gênero	0,378	<0,001	0,094	0,351	0,621	<0,001
Comprimento MI, cm	0,127	0,040	0,005	0,963	-0,092	0,246
Circunferência coxa, cm	-0,175	0,005	0,212	0,034	-0,131	0,101

Abreviaturas: n: número de indivíduos; ♀: meninas;  $VO_2$ : consumo de oxigênio; L/min: litros por minuto; kg: quilograma; m: metros; kg/m<sup>2</sup>: quilograma por metro quadrado; kg: quilograma, m: metro, m<sup>2</sup>: metro quadrado; W: watts

Os dados obtidos a partir da análise de regressão múltipla para a previsão do  $VO_2$  e carga estão descritos na Tabela 6 (estudo I).

**Tabela 6 (estudo I)-** Variáveis preditoras do VO<sub>2</sub> e da carga para crianças e adolescentes obtidas pela análise de regressão linear múltipla.

	Coeficientes não padronizados ( $\beta$ )	IC95% para $\beta$	Coeficientes padronizados	P	Correlação de parte
<b>Amostra Total</b>			<b>VO<sub>2</sub></b>		
Constante	-1,679	-2,078; -1,281	-----	<0,001	-----
Comprimento da perna, cm	0,025	0,022; 0,029	0,616	<0,001	0,615
Circunferência da coxa, cm	0,023	0,017; 0,028	0,376	<0,001	0,997
			<b>Carga</b>		
Constante	-236,983	-280,066; -193,900	-----	<0,001	-----
Altura, m	191,823	148,894; 234,753	0,593	<0,001	0,275
Sexo	34,879	27,398; 42,359	0,298	<0,001	0,287
Idade, anos	3,289	1,238; 5,340	0,211	0,002	0,099
<b>Crianças</b>			<b>VO<sub>2</sub></b>		
Constante	-3,259	-4,704; -1,815	-----	<0,001	-----
Comprimento da perna, cm	0,027	0,021; 0,033	0,718	<0,001	0,657
Circunferência da coxa, cm	0,020	0,011; 0,028	0,424	<0,001	0,145
Altura, m	1,271	0,172; 2,371	0,180	0,024	0,276
			<b>Carga</b>		
Constante	-125,840	-165,299; -86,380	-----	<0,001	-----
Altura, m	142,437	112,194; 172,680	0,686	<0,001	0,686
<b>Adolescentes</b>			<b>VO<sub>2</sub></b>		
Constante	-0,725	-1,549; 0,099	-----	0,084	-----
Comprimento da perna, cm	0,023	0,017; 0,028	0,488	<0,001	0,407
Circunferência da coxa, cm	0,022	0,012; 0,033	0,276	<0,001	0,226
Idade, anos	-0,051	-0,087; -0,014	-0,155	0,007	-0,147
			<b>Carga</b>		
Constante	-339,638	-420,161; -259,114	-----	<0,001	-----
Altura, m	224,416	163,337; 285,495	0,422	<0,001	0,316

Sexo	50,467	39,549; 61,386	0,451	<0,001	0,398
Idade, anos	6,077	3,512; 8,642	0,249	<0,001	0,204

Abreviaturas: IC95%: intervalo de confiança de 95 por cento; VO<sub>2</sub>: consumo de oxigênio; kg: quilograma; m: metros; cm: centímetros.

**Quadro 1 (estudo 1)** – Equação de previsão para o VO<sub>2</sub>pico e carga pico para crianças e adolescentes.

**Amostra total** (sexo: 0 meninas; 1 meninos)

**VO<sub>2</sub> previsto, L/min** = -1,679 (0,025 x comprimento de perna, cm) + (0,023 x circunferência de coxa, cm)

R<sup>2</sup>= 0,497

**Carga, W** = -236,983 + (191,823 x altura, m) + (34,879 x sexo) + (3,289 x idade, anos)

R<sup>2</sup>= 0,751

**Crianças**

**VO<sub>2</sub> previsto, L/min** = -3,259 + (0,027 x comprimento da perna, cm) + (0,060 x circunferência de coxa, cm) + (1,271 x altura, m)

R<sup>2</sup>= 0,477

**Carga, W** = -125,840 + (142,437 x altura, m)

R<sup>2</sup>= 0,471

**Adolescentes** (sexo: 0 meninas; 1 meninos)

**VO<sub>2</sub> previsto, L/min** = -0,725 + (0,023 X comprimento de perna, cm) + (0,022 x circunferência de coxa, cm) + (-0,051 x idade, anos)

R<sup>2</sup>= 0,547

**Carga, W** = -339,638 + (224,416 x altura, m) + (50,467 x sexo) + (6,077 x idade, anos)

R<sup>2</sup>= 0,706

Abreviaturas: VO<sub>2</sub>: consumo de oxigênio; L/min: litros por minuto; kg: quilograma; W: watts; m: metros

### 7.2.3 – Discussão

Este estudo proporcionou equações de previsão para o  $VO_{2pico}$  e Carga pico (W) para o teste de exercício cardiopulmonar (TECP) em crianças e adolescentes saudáveis (assintomáticos).

#### 7.2.3.1 – Equações de previsão para o $VO_{2pico}$

Cinco estudos<sup>50,53,61,68,69</sup> estabeleceram equações de previsão para o  $VO_2$  em cicloergômetro na população pediátrica. Em quatro estudos<sup>53,61,68,69</sup> as variáveis inclusas nos modelos foram as variáveis antropométricas.

Como esperado, as principais variáveis antropométricas se diferiram entre crianças e adolescentes. Este é o principal fator utilizado para explicar o comportamento do  $VO_{2pico}$  em literaturas prévias<sup>1,31,32</sup>, incluindo o comportamento relacionado ao sexo. Nestes estudos<sup>1,31,32</sup> houve um aumento no comportamento do  $VO_2$  para os meninos e redução para as meninas com o ganho da idade. Diferente dos nossos resultados, que não houve uma consistência no comportamento do  $VO_2$  com o ganho da idade para ambos os sexos.

Embora a nossa amostra tenha sido estratificada para indivíduos eutróficos (idade relacionada ao IMC), esta faixa de classificação varia aproximadamente de 4 a 5 kg/m<sup>2</sup> e este pode ser o fator da variação e de não consistência do  $VO_2$  em nossa amostra com o ganho da idade em ambos os sexos (vide Tabela 3 (estudo I)). Adicionalmente, independente da faixa etária, ou seja, sendo crianças ou adolescentes a maioria da amostra se classificou no estágio puberal como fase da puberdade<sup>8,9,81</sup>.

Estes fatores podem ser explicados pelas características da fase pré-puberal e puberal<sup>8</sup>, a fase puberal é um estágio em que diferenças entre sexos tornam-se importantes influências para o desenvolvimento corpóreo (altura e peso) e aptidão física do indivíduo<sup>9-11</sup>. Mudanças de composição corporal (hormônios, água, músculo, gordura e ossos) entre os sexos influenciam no desempenho da capacidade física comparando meninos e meninas da mesma idade<sup>9-11</sup>. Valores de  $VO_2$  em ml/kg/min encontrasse dentro das faixas determinadas em estudos prévios nacionais<sup>1,67</sup> e internacionais<sup>31,32</sup> para os sexos.

Sendo que um estudo Brasileiro<sup>1</sup> estabeleceu valores normativos de  $VO_{2máx}$  para meninos e meninas com idade entre 10 a 14 anos, os meninos apresentaram valores maiores de  $VO_{2máx}$  comparados com as meninas para

todas as faixas etárias ( $p < 0,01$ ). Um aumento de 6 ml/kg/min de  $VO_2$  foi detectado para meninos com maior idade, sendo  $43,53 \pm 6,65$  (faixa etária de 10 anos) para  $49,55 \pm 7,29$  ml.kg/min (faixa etária de 14 anos). Enquanto entre meninas, o  $VO_{2m\acute{a}x}$  variou de  $38,29 \pm 6,28$  ml.kg/min (faixa etária de 10 anos) para  $36,76 \pm 5,98$  ml.kg/min (faixa etária de 14 anos)ml.kg/min. No entanto, valores normativos de  $VO_2$  em mL/kg/min não são parâmetros ideais, já que com o uso de cicloergômetro a correção do  $VO_2$  não é necessária, pois não há deslocamento corpóreo<sup>4</sup>.

Como a carga é dependente da duração do teste, adolescentes apresentaram maior tempo de teste e como consequência, maior carga atingida no pico do teste, este fator ocorreu pelo desempenho dos meninos adolescentes (Carga =  $169 \pm 58$  W e Tempo =  $10,14 \pm 1,28$  min).

Ao correlacionar o  $VO_{2pico}$  com as variáveis antropométricas (idade, peso, altura IMC, gênero, comprimento de perna e circunferência de coxa) separando os voluntários por grupos (crianças e adolescentes), independente do grupo, a grande maioria das variáveis apresentou uma baixa correlação com o  $VO_2$ .

O grupo dos adolescentes mostrou que quanto maior for a idade, peso, altura e IMC, menor o  $VO_2$ . No entanto, diferente dos nossos achados, no estudo de Armstrong et al<sup>31</sup> foi demonstrado que a maturação aumenta o  $VO_2$ . Porém, esta afirmação tornou-se pequena ao observar a faixa etária estudada (11 – 12 anos), o mesmo pode ser criticado no estudo de Lintu et al<sup>70</sup> que descreveram que o  $VO_{2pico}$  é menor em meninas-crianças comparadas a meninas-adolescentes ( $n=69$  meninas; idade =11-12 anos). E no estudo de Gulmans<sup>57</sup> et al demonstraram moderada correlação da idade com o  $VO_2$  em teste realizado em cicloergômetro com protocolo incremental em 158 voluntários (77 meninos e 81 meninas, com 12 a 18 anos), sendo  $r=0,74$  para meninos e  $r=0,50$  para meninas.

Como bem descrito na literatura, há importância na diferenciação entre meninos e meninas (composição corporal) e a importância da idade, gênero, altura e peso, dos quatro estudos publicados<sup>53,61,68,69</sup> com equação de previsão para o  $VO_{2pico}$  do TECP em cicloergômetro Todos em suas equações apresentaram como variáveis independentes variáveis antropométricas.

A altura é uma variável antropométrica que faz parte da equação de Cooper<sup>53</sup> e Blanchard<sup>68</sup>. Vale ressaltar que na equação de Blanchard<sup>68</sup> a altura aparece duas vezes com constantes diferentes. No estudo de Harkel<sup>61</sup>, a altura não



foi considerada uma variável independente para a equação de previsão, e sim, foi considerada a idade. Entretanto, a carga estabelecida no protocolo realizado em cicloergômetro dependeu da altura, utilizando incrementos de 15W para menores que 150cm e de 20W para maiores que 150cm, esta decisão pode ter sido influenciadora da altura não ter entrado para equação, já que normalmente indivíduos mais velhos (variável independente: idade) provavelmente apresentaram maior altura.

No estudo de Cooper et al<sup>53</sup> o  $VO_2$ máx e limiar anaeróbio (LA) foram dependentes da idade, gênero e altura. Com um protocolo de rampa em cicloergômetro avaliaram 109 indivíduos (59 meninas) com idade entre seis a 17 anos. Adicionalmente, os valores de  $VO_2$  foram inferiores nas meninas comparados aos valores dos meninos. Neste estudo, a altura demonstrou influencia no  $VO_2$ , explicando 85% na equação de previsão. No estudo de Ten Harkel et al<sup>61</sup> a altura não foi uma variável independente que persistiu na equação, provavelmente porque a altura foi um critério para escolha da carga estabelecida, considerado 15W para indivíduos menores que 150cm e de 20W para indivíduos com altura superior a 150cm e foi estabelecida equação de previsão apenas para meninos e a idade foi a variável independente que entrou para a equação, explicando 27% do  $VO_2$ pico.

Corroborando aos nossos achados, a altura foi uma das variáveis independentes preditoras do  $VO_2$  em crianças, mesmo com baixa correlação desta variável com o  $VO_2$  neste público ( $r=0,202$ ;  $p=0,043$ ). Embora a altura não tenha sido preditora do  $VO_2$  em adolescentes, o comprimento da perna que é uma das variáveis independentes estabelecidas para a análise de regressão e representa boa parte da altura corporal apresentou uma moderada correlação ( $r=0,676$ ;  $p<0,001$ ).

A linearidade do  $VO_2$  durante o teste incremental (aproximadamente uma inclinação de 10mL/min/W) está diretamente relacionada com a massa dos membros inferiores<sup>4</sup>. Devido ao alto custo de equipamentos como um scanner por absorciometria, torna-se inviável a avaliação da composição da massa da perna isoladamente. Equações estabelecidas previamente mostram que a massa de membros inferiores pode ser prevista a partir da massa corporal total<sup>94</sup>. Devido à magnitude da importância dos membros inferiores para a carga estabelecida e como consequência para o  $VO_2$  atingido no pico do teste, como baixo custo, o

comprimento da perna e a circunferência da coxa foram as variáveis independentes que persistiram na equação de previsão do  $VO_2$  para a amostra total, para crianças e adolescentes ( $R^2= 0,497$ ;  $0,477$  e  $0,547$ , respectivamente).

Além da altura, a idade foi outra variável antropométrica que predominou nas equações de previsão<sup>61,68,69</sup>. Como vimos, o comportamento do  $VO_2$  está diretamente associado com a idade<sup>29,65,71</sup>. No entanto, Blanchard et al<sup>68</sup> utilizaram uma pequena faixa etária (12 a 17 anos), englobando apenas adolescentes. Similar aos nossos achados, junto com sexo esta foi a variável que permaneceu apenas na equação de previsão de  $VO_2$  para adolescentes.

Apenas as equações de Blanchard<sup>68</sup> e Bongers<sup>69</sup> o sexo foi incluído nas equações, desta forma, foram estabelecidas duas equações em cada estudo, uma para meninos e outra para meninas.

### 7.2.3.2 – Equações de previsão para a carga pico

A carga em Watts também foi correlacionada com as variáveis antropométricas. O grupo total gerou de moderadas a altas correlações com  $p < 0,001$ . Já em crianças o gênero não foi tão influente quanto em adolescentes ( $r= 0,094$ ;  $r=0,621$ , respectivamente) (vide Tabela 5 (estudo I)).

Gulmans et al<sup>57</sup> estabeleceu equação de previsão de carga (W) para adolescentes (12 a 18 anos), neste estudo foi possível observar alta correlação da carga com a idade tanto em meninos quanto em meninas ( $r=0,95$ ). O  $VO_{2m\acute{a}x}$  atingiu níveis maiores dependente das idades e altas cargas atingidas, sendo nos meninos de 12 anos o  $VO_{2m\acute{a}x}$   $2,04 \pm 0,34$  L/min para uma carga de  $178 \pm 31$  W e nos meninos de 18 anos  $VO_{2m\acute{a}x}$  de  $3,56 \pm 0,35$  L/min para uma carga de  $304 \pm 24$  W. As mesmas respostas foram observadas nas meninas, as de 12 anos o  $VO_{2m\acute{a}x}$   $1,71 \pm 0,29$  L/min para uma carga de  $158 \pm 20$  W e nas meninas de 18 anos  $VO_{2m\acute{a}x}$  de  $2,29 \pm 0,43$  L/min para uma carga de  $211 \pm 30$  W.

As nossas equações para previsão da carga pico são semelhantes a equação de Blanchard et al<sup>68</sup>, o que diferencia é que os autores estabeleceram uma única equação para a população adolescente (12 a 17 anos).

Ambos estudos<sup>57,68</sup> estabeleceram equações de previsão para a carga pico para teste realizado em cicloergômetro. No entanto, foram estabelecidas equações apenas para adolescentes, necessitando de uma abordagem do público geral já que a carga é determinante para o  $VO_{2m\acute{a}x}$  na população pediátrica<sup>57</sup>.

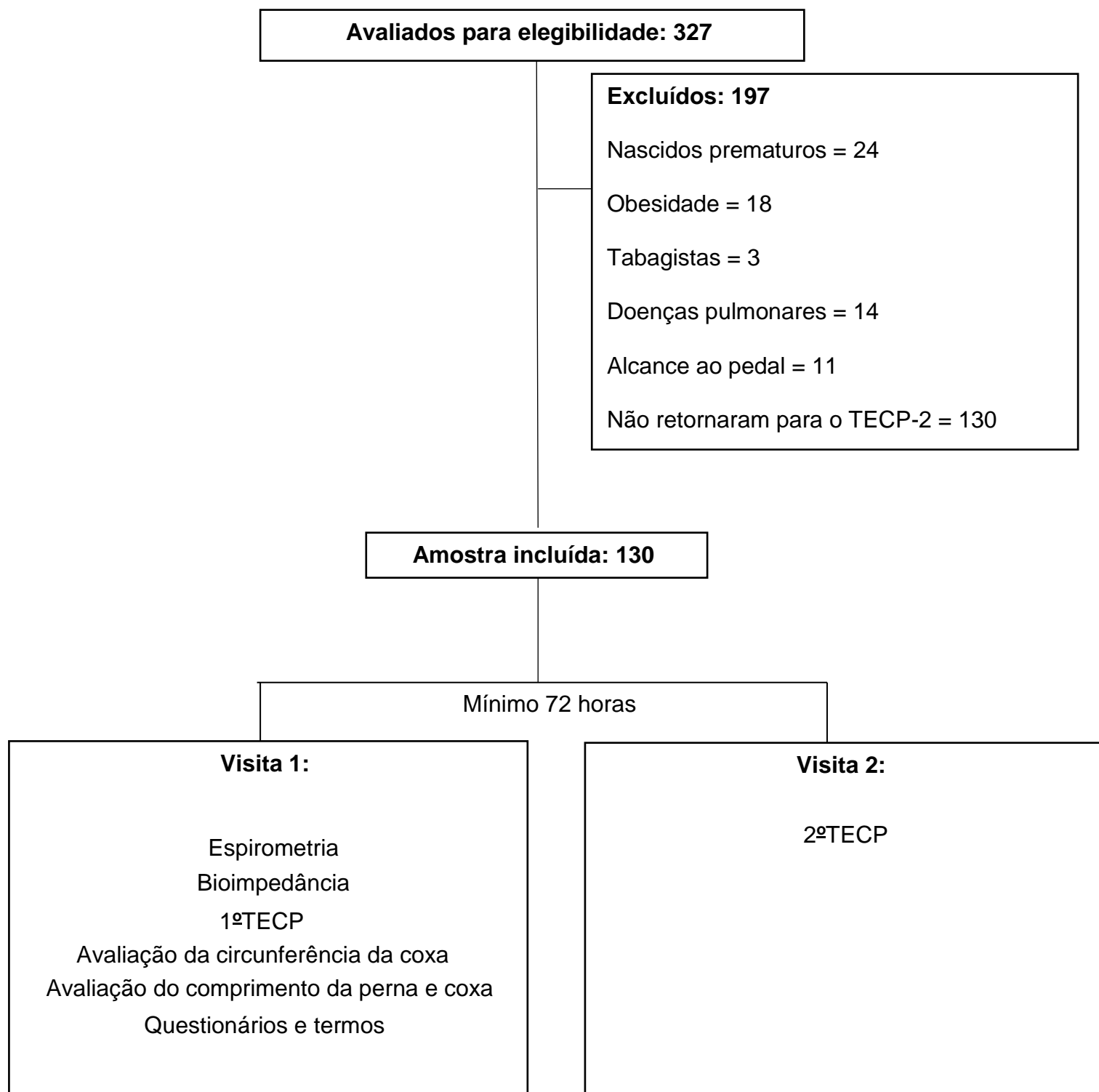
Neste contexto, com nossos resultados foi possível estabelecer equações de previsão para o  $\dot{V}O_2$  pico e carga pico (W) para teste em cicloergômetro para crianças e adolescentes saudáveis.

#### **7.2.4- Conclusão**

As equações de previsão do  $\text{VO}_2$  e da carga pico estabelecidas para crianças e adolescentes brasileiros neste estudo poderão ser utilizadas para interpretação desses parâmetros na população pediátrica.

### 7.3– Estudo II (Artigo 2)

#### 7.3.1 - Fluxograma do Estudo II (Artigo 2)



**Figura 1 (estudo 2):** Fluxograma do protocolo do estudo

### 7.3.2- Resultados do estudo II (Artigo 2):

#### Reprodutibilidade para o teste de exercício cardiopulmonar em crianças e adolescentes saudáveis

##### 7.3.3 – Introdução

O teste de exercício cardiopulmonar (TECP) é a ferramenta considerada padrão ouro para a avaliação da alta demanda do  $VO_2$ máx e é utilizado para avaliar capacidade máxima tanto na saúde como em condições de doenças crônicas<sup>4</sup>. O consumo máximo de oxigênio ( $VO_2$ máx) reflete as respostas fisiológicas pela integração dos sistemas metabólico, cardiovascular, pulmonar e muscular periférico<sup>4,71</sup>.

Na população adulta o TECP é utilizado para avaliar as causas de limitações que influenciam na interrupção do teste, para avaliar prognóstico e as respostas às intervenções<sup>4</sup>. Não difere na população pediátrica, tem sido estabelecido para avaliar limitação ao esforço, avaliar a gravidade de doenças cardiopulmonares, contribuir para diagnóstico, avaliar prognóstico e respostas às intervenções<sup>29,65</sup>.

Para interpretar adequadamente o TECP é importante ter parâmetros de valores normativos<sup>29,65</sup> e, além disso, conhecer a variabilidade destas medidas<sup>76,77,78</sup>.

Saynor et al<sup>76</sup>, com objetivo de avaliar a reprodutibilidade do TECP, submetem 13 crianças com diagnóstico de fibrose cística leve e moderada a três testes (T1, T2 e T3) em cicloergômetro, sendo o segundo teste com 48h de intervalo após o primeiro teste e o terceiro teste com intervalo de quatro a seis semanas. Independente do intervalo de tempo entre os testes foi possível observar que os testes foram reprodutíveis com coeficiente de correlação intraclasse (CCI) alto, sendo T1 vs T2: CCI 0,94 ( $p < 0,01$ ) com  $\Delta VO_2$ máx de 150ml ( $p = 0,14$ ) e T1 vs T3: CCI 0,93 ( $p < 0,01$ ) com  $\Delta VO_2$ máx de 160ml ( $p = 0,21$ ).

Com protocolo diferente, Groot et al<sup>77</sup> compararam dois testes em esteira ergométrica para avaliação da reprodutibilidade do teste em crianças com espinha bífida. Para isso, realizaram previamente um teste de caminhada de seis minutos (TC6m) para a determinação da intensidade do teste. Inicialmente haviam 23 crianças e apenas 18 realizaram o teste e reteste (intervalo de duas semanas).

Neste estudo os testes foram reprodutíveis com CCI 0,92 e com  $\Delta\text{VO}_2\text{max}$  de 100ml ( $p = 0,03$ ).

Com maior consumo de  $\text{VO}_2$  no pico do teste, meninos jogadores de Hockey<sup>78</sup> foram submetidos à dois testes em esteira ergométrica para avaliação da reprodutibilidade desta medida.

Embora o TECP tenha sido utilizado largamente para avaliação da população pediátrica<sup>29,65</sup>, a reprodutibilidade deste teste foi escassamente testada<sup>76-78</sup>, sendo um estudo realizado em crianças com fibrose cística<sup>76</sup>, outro em crianças com espinha bífida<sup>77</sup>, ambos estudos avaliaram um número pequeno de indivíduos (13 e 18, respectivamente). O terceiro estudo<sup>78</sup>, avaliaram meninos jogadores de Hockey.

Neste contexto, é limitado o conhecimento da variabilidade das medidas obtidas no TECP para a população pediátrica, e este teste é determinante na avaliação clínica deste público. O objetivo deste estudo é investigar a reprodutibilidade do TECP realizado em cicloergômetro em indivíduos de seis a 18 anos saudáveis.

#### **7.3.4 – Resultados**

Foram triados para o estudo 327 indivíduos, sendo que 197 foram excluídos (obesos = 18; tabagistas = 3; doenças pulmonares = 14; não alcançaram o pé no pedal = 11; prematuros = 24 e não retornaram para o TECP2 = 130) fazendo partedo estudo 130 indivíduos (65 meninas e 65 meninos). A amostra total foi subdividida em dois grupos, crianças ( $n = 60$ , sendo 30 meninas) e adolescentes ( $n = 70$ , sendo 35 meninas).

Todos os indivíduos foram classificados com função pulmonar normal (z-score inferior a 1,64)

No questionário de saúde, todos os indivíduos foram classificados com pontuação inferior a sete, excluindo qualquer doença respiratória, tabagistas e nascidos prematuros (pontuação/n: 0=33; 1=32; 2=28; 3=13; 4=12; 5=6; 6=6). Ao avaliar as condições socioeconômicas, 94% da amostra foi classificada como classe média-baixa (classe socioeconômica/n: A=8; B1=14; B2=37; C1=45; C2=20; D/E=6).

**Tabela 1 (estudo II) - Características basais da amostra**

<b>Variáveis</b>	<b>Amostra total</b> n = 130 (♀ = 65)	<b>Crianças</b> n = 50 (♀ = 25)	<b>Adolescentes</b> n = 80 (♀ = 40)	<b>P</b>
Idade, anos	12 ± 4	8 ± 2	14 ± 2	<0,001
Peso, kg	45 ± 16	29 ± 6	54 ± 12	<0,001
Altura, m	1,49 ± 0,18	1,29 ± 0,09	1,61 ± 0,11	<0,001
IMC, kg/m <sup>2</sup>	19 ± 3	17 ± 2	21 ± 3	<0,001
Massa magra, kg (%)	35 ± 13 (78 ± 9)	34 ± 11 (77 ± 9)	36 ± 14 (78 ± 9)	0,494 (0,448)
Massa gorda, kg (%)	11 ± 9 (22 ± 16)	10 ± 5 (23 ± 8)	11 ± 9 (22 ± 26)	0,622 (0,566)
Comprimento MI, cm	82 ± 19	75 ± 18	86 ± 19	0,002
Circunferência coxa, cm	48 ± 12	52 ± 15	46 ± 8	0,007
CVF, L (%)	2,88 ± 1,17 (102 ± 18)	1,83 ± 0,39 (99 ± 16)	3,54 ± 1,00 (104 ± 19)	<0,001 (0,173)
VEF <sub>1</sub> , L (%)	2,57 ± 1,01 (98 ± 16)	1,65 ± 0,36 (98 ± 14)	3,14 ± 0,85 (99 ± 17)	<0,001 (0,619)
VEF <sub>1</sub> /CVF	90 ± 8	91 ± 7	89 ± 8	0,200
FEF <sub>25-75%</sub> , L (%)	3,17 ± 1,41 (119 ± 40)	2,17 ± 0,68 (127 ± 37)	3,80 ± 1,39 (114 ± 41)	<0,001 (0,077)
PFE, L (%)	4,81 ± 2,10 (84 ± 21)	3,36 ± 1,39 (80 ± 18)	5,72 ± 1,95 (87 ± 22)	<0,001 (0,081)

Abreviaturas: n: número de voluntários; ♀: meninas; kg: quilograma; m: metros; IMC: Índice de massa corpórea; kg/m<sup>2</sup>: quilograma por metro ao quadrado; %: porcentagem; MI: membro inferior; cm: centímetros; CVF: Capacidade vital forçada; L: Litros; %prev: porcentagem do previsto; VEF<sub>1</sub>: Volume expiratório forçado no primeiro segundo, FEF<sub>25-75%</sub>: fluxo expiratório forçado médio; PFE: pico de fluxo expiratório. Estágio puberal está expresso em número de meninas e meninos, respectivamente.



**Tabela 2 (estudo 2)**- Distribuição da amostra conforme o sexo segundo a classificação do estágio puberal.

	Amostra total n = 130		Crianças n =50		Adolescentes n = 80	
	♀=65 Pêlos/Mamas	♂=65 Pêlos/Genitais	♀=25 Pêlos/Mamas	♂=25 Pêlos/Genitais	♀=40 Pêlos/Mamas	♂=40 Pêlos/Genitais
Infantil, n	18/26	18/16	5/8	6/7	13/18	12/9
Puberal, n	42/29	41/37	17/11	17/12	25/18	24/25
Pós-puberal, n	5/10	6/12	3/6	2/6	2/4	4/6

Abreviaturas: n: número de indivíduos

**Quadro 1 (estudo 2):** Número de indivíduos com melhor desempenho nos testes

	<b>Amostra total</b> n = 130 (♀ = 65)	<b>Crianças</b> n =50 (♀ = 25)	<b>Adolescentes</b> n = 80 (♀ = 40)
<b>TECP-1, n (%)</b>	89 (69)	24 (48)	65 (81)
<b>TECP-2, n (%)</b>	39 (30)	24 (48)	15 (19)
<b>Desempenho igual, n (%)</b>	2 (1)	2 (4)	0 (0)

Abreviaturas: n: número de indivíduos; %: porcentagem

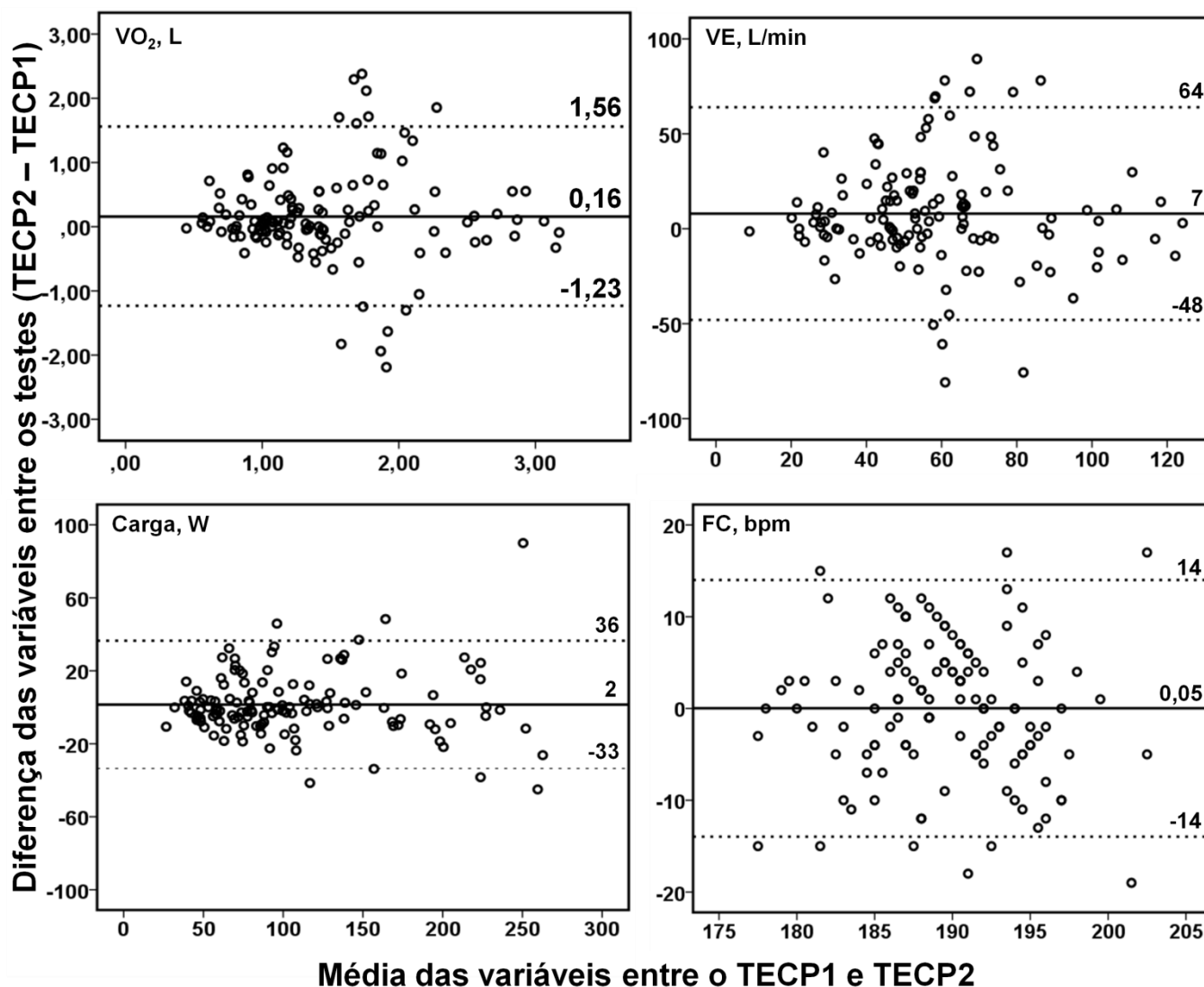
Dos 130 voluntários, 89 (69%) apresentaram maior  $VO_{2pico}$  no TECP-1, 39 (30%) apresentaram maior  $VO_{2pico}$  no TECP-2 e 2 (1%) apresentaram o mesmo desempenho em ambos os testes (vide Tabela 2 (estudo II))

**Tabela 3 (estudo II)** - Comparação das variáveis no pico de ambos testes de exercício cardiopulmonar.

Variáveis	Amostra Total n = 130 (♀ = 65)			Crianças n = 50 (♀ = 25)			Adolescentes n = 80 (♀ = 40)		
	TECP-1	TECP-2	P	TECP-1	TECP-2	P	TECP-1	TECP-2	P
<b>Metabólicas</b>									
VO <sub>2</sub> , L/min	1,38 ± 0,70	1,54 ± 0,70	0,013	1,33 ± 0,65	1,33 ± 0,62	0,973	1,42 ± 0,73	1,68 ± 0,73	0,010
VCO <sub>2</sub> , L/min	1,68 ± 0,89	1,91 ± 0,89	0,006	1,65 ± 0,79	1,63 ± 0,77	0,786	1,71 ± 0,95	2,08 ± 0,93	0,003
R	1,17 ± 0,08	1,23 ± 0,12	<0,001	1,19 ± 0,08	1,23 ± 0,13	0,105	1,16 ± 0,08	1,23 ± 0,11	<0,001
<b>Ventilatórias e de troca gasosa</b>									
VE, L/min	54 ± 28	62 ± 27	0,002	56 ± 28	57 ± 26	0,446	58 ± 28	65 ± 27	0,002
f, rpm	51 ± 12	51 ± 13	0,959	53 ± 13	55 ± 15	0,236	49 ± 12	48 ± 12	0,507
Vc, L	1,09 ± 0,57	1,22 ± 0,56	0,010	1,05 ± 0,49	1,04 ± 0,48	0,771	1,12 ± 0,61	1,34 ± 0,58	0,007
VE/VO <sub>2</sub>	39 ± 7	41 ± 9	0,097	42 ± 9	43 ± 10	0,179	38 ± 6	39 ± 8	0,257
VE/VCO <sub>2</sub>	33 ± 4	33 ± 5	0,475	34 ± 5	35 ± 5	0,035	32 ± 4	32 ± 5	0,731
SpO <sub>2</sub> , %	96 ± 2	96 ± 9	0,316	97 ± 2	96 ± 2	0,618	96 ± 2	95 ± 2	0,431
<b>Cardiovascular</b>									
FC, bpm	189 ± 6	189 ± 12	0,501	189 ± 7	192 ± 5	0,059	189 ± 6	187 ± 14	0,104
FC, %/prev	95 ± 3	95 ± 3	0,705	94 ± 3	95 ± 3	0,060	96 ± 3	95 ± 3	0,164
<b>Sintomas</b>									
Borg (dispneia)	4 (2 – 7)	4 (2 – 5)	0,439	4 (2 – 7)	4 (2 – 5)	0,354	4 (3 – 7)	4 (2 – 6)	0,912
Borg (MMII)	7 (4 – 2)	7 (5 – 9)	0,193	7 (2 – 9)	6 (4 – 9)	0,693	7 (5 – 8)	7 (5 ± 9)	0,128
EVA	2 (1 – 2)	2 (1 – 2)	0,298	2 (1 – 2)	2 (1 - 2)	0,746	2 (1 – 2)	2 (1 – 2)	0,281
<b>Teste</b>									
Carga, W	106 ± 58	108 ± 59	0,347	58 ± 14	61 ± 19	0,086	136 ± 55	137 ± 56	0,884
Tempo, min	9,34 ± 1,43	9,48 ± 1,66	0,361	8,99 ± 1,39	9,34 ± 1,46	0,166	9,55 ± 1,42	9,55 ± 1,78	0,918

Abreviaturas: TECP: teste de exercício cardiopulmonar; n: número de indivíduos; ♀: meninas; VO<sub>2</sub>: consumo de oxigênio; L/min: litros por minuto; VCO<sub>2</sub>: produção de gás carbônico; R: razão de troca respiratória; VE: ventilação; f: frequência respiratória; rpm: respirações por minuto; Vc: volume corrente; SpO<sub>2</sub>: saturação de pulso de oxigênio; %: porcentagem; FC: frequência cardíaca; bpm: batimentos por minuto; %/prev: porcentagem do previsto; MMII: membros inferiores; EVA: escala visual analógica; W: watts; min: minutos. Dados expressos em média ± desvio padrão, com exceção dos sintomas que estão expressos em mediana e intervalo interquartil (25-75%).

A média das diferenças entre os testes da amostra total no VO<sub>2</sub>pico, VE, carga e FC em porcentagem do previsto foi pequena, no entanto, com um amplo



intervalo de confiança de 95% foi observado (Figura 2, Estudo II).

**Figura 2 (estudo II):** Disposição gráfica de Bland-Altman entre o TECP1 e TECP2 da amostra total. A linha contínua corresponde à média das diferenças e a linha pontilhada ao intervalo de confiança de 95%. Cada ponto representa um voluntário. 1A: VO<sub>2</sub> pico; 1B: VE pico; 1C: Carga pico e 1D: FC pico.

O mesmo pode ser observado na Tabela 3 (estudo II) para a amostra total e separada por grupos (crianças e adolescentes). Adicionalmente, o tamanho do efeito.

**Tabela 4 (estudo II)**-Disposição das médias das diferenças e dos intervalos de confiança de 95% para as variáveis no pico.

	<b>Amostra Total</b>	<b>Crianças</b>	<b>Adolescentes</b>
	<b>N= 130 (♀65)</b>	<b>N= 50 (♀25)</b>	<b>N= 80 (♀40)</b>
<b>Variáveis</b>	<b>MD (IC95%)</b>	<b>MD (IC95%)</b>	<b>MD (IC95%)</b>
<b>VO<sub>2</sub>, L/min</b>	0,16 (-1,23; 1,56)	0,01 (-0,58; 0,58)	0,26 (-0,26; 1,96)
<b>VCO<sub>2</sub>, L/min</b>	0,22 (-1,57; 2,01)	-0,02 (-0,76; 0,74)	0,37 (-1,78; 2,52)
<b>R</b>	0,05 (-0,26; 0,36)	0,04 (-0,30; 0,38)	0,07 (-0,22; 0,36)
<b>VE, L/min</b>	7 (-48; 64)	1 (-22; 25)	12 (-55; 79)
<b>f, rpm</b>	0,1 (-30; 30)	2,2 (-23; 27)	-1,5 (-34; 32)
<b>Vc, L/min</b>	0,13 (-0,98; 1,24)	-0,01 (-0,40; 0,38)	0,21(-1,14; 1,57)
<b>VE/ VO<sub>2</sub></b>	1 (-16; 19)	1 (-12; 15)	1 (-18; 21)
<b>VE/ VCO<sub>2</sub></b>	0,5 (-10; 11)	1 (-7; 9)	-0,5 (-12; 12)
<b>FC, bpm</b>	0,5 (-14; 14)	2,5 (-14; 18)	-1,5 (-14; 11)
<b>FC, %/prev</b>	0,5 (-7; 8)	1 (-7; 9)	-0,5 (-7; 6)
<b>Carga, W</b>	2 (-33; 36)	3 (-23; 25)	0,5 (-39; 40)

Abreviaturas: n: número de indivíduos; ♀: meninas; MD: média da diferença VO<sub>2</sub>: consumo de oxigênio; L/min: litros por minuto; VE: ventilação; W: watts; FC: frequência cardíaca; %/prev: porcentagem do previsto. Dados expressos em média das diferenças e intervalo de confiança 95%.

**Tabela 5 (estudo II):**Concordância e confiabilidade das variáveis no pico do TECP-1 e TECP-2.

Variáveis	Amostra Total N = 130 (♀ = 65)					Crianças N = 50 (♀ = 25)					Adolescentes N = 80 (♀ = 40)				
	CCI (IC95%)	P	Alfa C	EPM	DMD	CCI (IC95%)	P	Alfa C	EPM	DMD	CCI (IC95%)	P	Alfa C	EPM	DMD
VO <sub>2</sub> , L/min	0,486 (0,343; 0,607)	<0,001	0,654	0,509	1,977	0,887 (0,810; 0,935)	<0,001	0,940	0,100	0,876	0,296 (0,083; 0,483)	0,004	0,457	0,729	2,366
VCO <sub>2</sub> , L/min	0,479 (0,335; 0,601)	<0,001	0,648	0,656	2,245	0,882 (0,801; 0,931)	<0,001	0,937	0,130	0,999	0,315 (0,104; 0,499)	0,002	0,479	0,910	2,644
R	-0,157 (-0,320; 0,015)	0,964	-0,374	0,172	1,149	-0,161 (-0,419; 0,120)	0,871	-0,384	0,183	1,185	-0,151 (-0,358; 0,069)	0,911	-0,357	0,160	1,108
VE, L/min	0,456 (0,308; 0,583)	<0,001	0,627	0,206	1,258	0,895 (0,822; 0,939)	<0,001	0,945	0,038	0,540	0,215 (-0,005; 0,415)	0,028	0,354	0,304	1,528
f, rpm	0,292 (0,127; 0,441)	<0,001	0,452	12,62	9,846	0,577 (0,358; 0,736)	<0,001	0,732	8,454	8,059	-0,004 (-0,22; 0,215)	0,513	-0,007	17,03	11,44
Vc, L/min	0,498 (0,357; 0,617)	<0,001	0,665	0,403	1,759	0,914 (0,853; 0,959)	<0,001	0,955	0,058	0,667	0,326 (0,116; 0,509)	0,001	0,492	0,566	2,085
VE/ VO <sub>2</sub>	0,446 (0,297; 0,574)	<0,001	0,617	6,698	7,173	0,727 (0,565; 0,836)	<0,001	0,842	3,657	5,300	0,064 (-0,157; 0,279)	0,285	0,120	9,674	8,621
VE/ VCO <sub>2</sub>	0,399 (0,244; 0,534)	<0,001	0,570	3,876	5,457	0,646 (0,450; 0,782)	<0,001	0,785	2,379	4,275	0,176 (-0,044; 0,380)	0,058	0,300	5,446	6,468
FC, bpm	0,305 (0,141; 0,453)	<0,001	0,468	5,835	6,695	0,149 (-0,133; 0,408)	0,149	0,259	7,379	7,529	0,430 (0,234; 0,593)	<0,001	0,602	4,529	5,898
FC, %/prev	0,354 (0,190; 0,498)	<0,001	0,523	3,214	4,969	0,157 (-0,124; 0,415)	0,136	0,271	3,672	5,311	0,471 (0,275; 0,630)	<0,001	0,641	2,181	4,093
Carga, W	0,954 (0,936; 0,967)	<0,001	0,977	3,860	5,445	0,702 (0,528; 0,819)	<0,001	0,825	7,260	7,468	0,936 (0,902; 0,958)	<0,001	0,967	5,059	6,234

Abreviaturas: N: número de indivíduos; ♀: meninas; CCI: coeficiente de correlação intraclasse; Alfa C: Alfa de Cronbach; EPM: erro padrão da medida; DMD: diferença mínima detectável, VO<sub>2</sub>: consumo de oxigênio; L/min: litros por minuto; VE: ventilação; W: watts; FC: frequência cardíaca; %/prev: porcentagem do previsto.

### 7.3.5 – Discussão

Este estudo proporcionou valores da variabilidade das medidas do teste de exercício cardiopulmonar (TECP) em crianças e adolescentes saudáveis (assintomáticos). Na população estudada sessenta e nove por cento dos voluntários apresentaram maior  $VO_2$  pico no TECP-1. Houve uma ampla variabilidade das medidas de  $VO_2$  pico da amostra total e dividida em grupo de crianças e adolescentes. Um dos fatores mais importantes da avaliação da reprodutibilidade é a necessidade do conhecimento da variabilidade das medidas, adicionalmente, saber a variabilidade gera reconhecimento em melhorias por meios de intervenções.

Até a presente data apenas três estudos<sup>76-78</sup> analisaram a reprodutibilidade no TECP na população pediátrica, com pequeno tamanho amostral e dois envolvendo indivíduos não saudáveis<sup>76,77</sup> e um envolvendo atletas<sup>78</sup>.

No estudo de Saynor et al<sup>76</sup> realizaram três testes em cicloergômetro (13 crianças,  $13 \pm 3$  anos) em pacientes com fibrose cística. Os valores médios no pico do teste para  $VO_2$  foi similar (TECP-1:  $1,77 \pm 0,57$ ; TECP-2:  $1,76 \pm 0,56$ ; TECP-3:  $1,68 \pm 0,55$ ), mas é curioso observar que o desempenho foi melhor no TECP-1. Embora não tenha diferença entre o  $VO_2$ , não foi esclarecida a comparação da carga pico (W) entre os testes, apenas demonstraram os valores das médias no pico dos testes, sendo uma diferença média de 12 W entre o TECP-1 ( $1,57 \pm 55W$ ) e o TECP-3 ( $145 \pm 65W$ ). Este fator pode ser explicado pelo tempo de duração do teste, porém, esta variável não foi descrita no estudo.

Em nosso estudo, houve predomínio de melhor desempenho no TECP-1 (69% da amostra total) e este fator pode ser explicado pelo desempenho dos adolescentes neste teste (65 indivíduos). Independente desta diferença, a diferença do  $VO_2$  entre os testes foi mínima sem diferença estatística (TECP-1 vs TECP-2: amostra total =  $\Delta 160ml$  (CCI:0,486); crianças =  $\Delta 0ml$  (CCI:0,887); adolescentes =  $\Delta 26ml$  (CCI:0,296)). Semelhança é observada no estudo de Groot et al<sup>77</sup>, com dois TECP, porém, em esteira ergométrica, avaliaram as respostas ao esforço máximo em 18 indivíduos ( $11 \pm 3$  anos) com diagnóstico de espinha bífida. Foi detectado entre os testes  $\Delta 100ml$  de  $VO_2$  máx (TECP-1 =  $137 \pm 0,7$  e TECP-2  $1,27 \pm 0,6$ ) com CCI de 0,92 e  $p = 0,03$ .

Com o mesmo objetivo de testar a reprodutibilidade Cunningham et al<sup>78</sup> fizeram uso de esteira ergométrica em 66 meninos jogadores de Hockey. Devido

ao desempenho físico, a ausência de comprometimentos funcionais e ao tamanho amostral, os jogadores apresentaram maiores valores de  $VO_2$  no pico do teste (TECP-1 =  $56,5 \pm 7,1$  e TECP-2 =  $54 \pm 6,6$  ml/kg/min, CCI = 0,53) comparado ao estudo de Groot et al<sup>77</sup> em esteira.

Dos três estudos, apenas o estudo de Saynor<sup>76</sup> e de Groot<sup>77</sup> foram demonstradas as médias das diferenças e o IC95% sendo estes valores expressivamente superiores aos nossos valores. Para o T1- T2 de Saynor, a média das diferenças do  $VO_2$  foi de 9,3 com IC95% variando de 6,9 a 14,3 L/min<sup>-1</sup>, e para o T1 – T3 a média das diferenças foi de 13,3 com IC95% variando de 9,9 a 20,9 L/min<sup>-1</sup>. No estudo de voluntários com espinha bífida<sup>77</sup> a média das diferenças do  $VO_2$  foi de 8,2 com o IC95% variando de 6,1 a 12,5. Embora em nosso estudo o intervalo de confiança tenha sido amplo (vide Tabela 3 (estudo II), os valores foram superiores em ambos os estudos citados anteriormente, este fato pode ser explicado pela própria variabilidade das doenças (sinais e sintomas).

Não há estudos analisando a reprodutibilidade do TECP em crianças e adolescentes saudáveis. Vale ressaltar a necessidade de um tamanho amostral significativo para esta análise e este fator é ausente nos estudos citados<sup>76-78</sup>.

Separar os grupos em crianças e adolescentes é um fator importante para a avaliação da variabilidade das medidas no TECP na população pediátrica, pois, com a idade foi possível observar um aumento significativo do  $VO_2$  (Tabela 2 (estudo II)) e a reprodutibilidade é influenciada pela própria variabilidade da população estudada. Embora a divisão da amostra faça com que haja redução do poder da amostra (recomendações *COSMIN*<sup>93</sup>: tamanho amostral mínimo de 100), o nosso estudo foi o único até a presente data que demonstrou conteúdo robusto relacionado a dados estatístico e, vale ressaltar, que mesmo categorizando amostra pela idade o número de indivíduos por grupo ainda permanece superior comparado ao estudo de Saynor<sup>76</sup>, de Groot<sup>77</sup> e Cunningham<sup>78</sup>.

Estudos prévios não demonstraram estatísticas mais específicas de confiabilidade e reproduibilidade, gerando escassez em achados. Embora a confiabilidade da medida analisada pelo alfa de Cronbach tenha sido boa para o  $VO_2$  da amostra total: 0,664 e para crianças: 0,940, esta medida foi baixa para adolescentes: 0,457. No entanto, de modo geral as medidas apresentadas foram consideradas de moderada a alta confiabilidade.

Com os resultados obtidos a partir do erro padrão da medida (EPM) é possível conhecer a variabilidade das medidas esperadas entre dois TECPs, ou seja, a variação aceitável independente de qualquer influência externa. Para o  $VO_2$  é esperado um  $\Delta 100\text{ml}$  para crianças e de  $\Delta 729\text{ml}$  para adolescentes entre teste e reteste. Além destas considerações, uma diferença mínima detectável (DMD) deve ser levada em consideração para estudos futuros utilizando intervenção ou para avaliação de condições clínicas. Diferença nos valores de  $VO_2$  entre teste e reteste superiores à  $0,876\text{L}$  para crianças e de  $2,366\text{L}$  para adolescentes devem ser investigados e considerados como quantidade mínima de diferença que não é atribuível à variação na medida.

Para a carga em crianças e adolescentes, devemos levar em consideração um EPM de 7 e 6W, respectivamente. Com a DMD de aproximadamente 7,5W para crianças e 6,5W para adolescentes. Estas medidas apresentaram alta confiabilidade, ou seja, a variação das medidas foi mínima no público estudado (alfa de Cronbach: 0,825 e 0,967, respectivamente).

Neste contexto, embora a variabilidade das medidas do  $VO_{2\text{pico}}$  entre o TECP-1 e TECP-2 tenha sido pequena em grupo de crianças e adolescentes saudáveis assintomáticos, o IC95% demonstrou-se amplo. No entanto, os valores apresentados foram reprodutíveis e de moderada a alta confiabilidade.

Por fim, aproximadamente 70% da amostra total apresentou melhor desempenho no TECP-1, eliminando a necessidade do efeito aprendizado e a execução de dois testes para a confirmação das medidas.



### **7.3.6- Conclusão**

Esse foi o primeiro estudo que estabeleceu equações de previsão para o TECP no cicloergômetro, que poderão ser utilizadas para a interpretação do teste em indivíduos de 6 a 18 anos brasileiros.

## 8. Considerações finais

O teste de exercício cardiopulmonar (TECP) é o padrão-ouro na avaliação das respostas cardiovasculares, de trocas gasosas e metabólicas ao esforço. Para sua adequada interpretação é fundamental valores normativos e a variabilidade das medidas deste teste. Até a presente data, apenas dois estudos<sup>1,67</sup> avaliaram o TECP na população brasileira e estabeleceram valores normativos para o  $VO_2$  pico. No entanto, um estudo<sup>1</sup> avaliou uma faixa etária estreita (10 – 14 anos) e o outro<sup>67</sup> avaliou de forma retrospectiva resultados de TECP de um laboratório de São Paulo e não descreveram as condições de saúde da população avaliada. Além de valores normativos de  $VO_2$  e Carga por idade, foi possível estabelecer equações de previsão para estas variáveis para indivíduos de 6 a 18 anos.

Até a presente data, o nosso estudo foi o primeiro que avaliou a reprodutibilidade do TECP na população pediátrica saudável assintomática com um tamanho amostral expressivo. Além disso, outro ponto forte de nosso estudo é que utilizamos as recomendações do COSMIN<sup>93</sup> para a análise da reprodutibilidade, consistência interna e confiabilidade das medidas.

Não tivemos intercorrências ao longo das avaliações.

## 9. Referências Bibliográficas

1. Rodrigues A, Perez A, Carletti L, Bissoli N, Abreu G. "Maximum oxygen uptake in adolescents as measured by cardiopulmonary exercise testing: a classification proposal". *Jornal de Pediatria*.2006;6:426-430.
2. Harkel A, Takken T, Osch-Gevers M, Helbing W. "Normal values for cardiopulmonary exercise testing in children". *European Journal of Preventive Cardiology*. 2011; 1:48-54.
3. Vogiatzis I, Zakynthinos G, Andrianopoulos V. "Mechanisms of physical activity limitation in chronic lung diseases". *Pulmonary Medicine*. 2012;634-761.
4. Neder J, Nery L. Teste de exercício cardiopulmonar. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*.2002;3:28.
5. Serra A, Milani F, Neto T. "Diretrizes nacionais para a atenção integral à saúde de adolescentes e jovens na promoção, proteção e recuperação da saúde. Brasília: Ministério da Saúde – DF. 2010.
6. Habicht J. "Height and weight standards for preschool children. How relevant are ethnic differences in growth potential?". *The Lancet*.1974;1:661-704.
7. Eisenstein E. "Adolescência: definições, conceitos e critérios". *Adolescência & Saúde*. 2015;2:6-7.
8. Rogol A, Clark P, Roemmich J. "Growth and pubertal development in children and adolescents: effects of diet and physical activity". *The American Journal of clinical nutrition*. 2000;72:521–528.
9. Tanner J, Whitehouse R, Marshall W, Carter B. "Prediction of adult height, bone age, and occurrence of menarche, at age 4 to 16 with allowance for midparental height". *Archives of Disease in Childhood*. 1975;1:14-26.
10. Vinet A, Nottin S, Lecoq A, Obert P. "Cardiovascular responses to progressive cycle exercise in healthy children and adults". *International Journal of Sports Medicine*. 2002;4:242-246.
11. Rowland T, Cunningham L. "Developmental of ventilatory responses to exercise in normal white children". *Chest*. 1997;2:327-332.
12. Prado D, Dias R, Trombetta L. "Comportamento das variáveis cardiovasculares, ventilatórias e metabólicas durante o exercício: diferenças entre crianças e adultos. *Arquivos Brasileiros Cardiolgia*. 2006;87:149-155.
13. Malina R, Bouchard C. Growth, maturation, and physical activity. *Human kinetics books*. 1991.

14. Turley K, Wilmore J. "Cardiovascular responses to treadmill and cycle ergometer exercise in children and adults". *Journal of Applied Physiology*.1997;3:948- 957.
15. Lehmann M, Keul J, Korsten-Reck U. "The influence of graduated treadmill exercise on plasma catecholamines, aerobic and anaerobic capacity in boys and adults". *European Journal of Applied Physiology*.1981;3:301-311.
16. Bar-Or O. "Pediatric sports medicine for the practitioner. Springer-Verlag.1983.
17. Delamarche P, Bittel J, Lacour JR, Flandrois R. "Thermoregulation at rest and during exercise in prepubertal boys". *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*.1990;60(6):436-440.
18. Stella S. Vieira, Brunno Lemes, Paulo de T. C. de Carvalho, Rafael N. de Lima, Danilo S. Bocalini, José A. S. Junior, et al."Does stroke volume increase during an incremental exercise? A systematic review". *The Open Cardiovascular Medicine Journal*, 2016;10:57-63
19. Miller M, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi F, Coates A, et al. Series "ATS/ERS task force: standardization of lung function testing". Standardization of spirometry. *European respiratory journal*. 2005;26:319–338.
20. Atomi Y, Fukunaga T, Hatta H, Yamamoto Y. "Relationship between lactate threshold during running and relative gastrocnemius area". *Journal of Applied Physiology*.1987;63:2343-2347.
21. Lexell J, Sjostrom M, Norlund A, Taylor C. "Growth and development of human muscle: a quantitative morphological study of whole vastus lateralis from childhood to adult age". *Muscle Nerve*.1992;14:404-409.
22. Nery L. "Bases fisiológicas dos testes de exercício. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*. 1982; 8(3):171-176.
23. Wasserman K, Hansen J, Sue D, Whipp B, Casaburi R. "Principles of exercise testing and interpretation. *Canadian Journal Cardiology*. 2007;23(4):274.
24. Borg G. "Psychophysical bases of perceived exertion". *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1982;14(5):377–381.
25. Lima P, Santoro I, Caetano L, Cabral A, Fernandes A. "Desempenho de uma escala analógica visual legendada na determinação do grau de dispneia durante teste de broncoespasmo induzido por exercício em crianças e adolescentes asmáticos". *Jornal Brasileiro de Pneumologia*. 2010;36:532-538.

26. Paula M, Duke, Iris F, Litt Ruth, T Gross. "Adolescents' self-assessment of sexual maturation. *Pediatrics* December.1980;66:918-920.
27. Rogowski M, Guilkey J, Stephens B, Cole A, Mahon A. "The influence of maturation on the oxygen uptake efficiency slope". *Pediatric Exercise Science*. 2012;24(3):347–356.
28. Wasserman K, Sue D, Stringer W, Sietsema K, Sun X, Whipp B. "Principles of exercise testing and interpretation: including pathophysiology and clinical applications". *Canadian Journal Cardiology*. 2007;23(4): 274.
29. Blais S, Berbari J, Counil F, Dallaire F. "A systematic review of reference values in pediatric cardiopulmonary exercise testing. *Pediatric Cardiology*.2015;36(8):1553-1564.
30. Al-Hazzaa H. "Development of maximal cardiorespiratory function in saudi boys. A cross-sectional analysis *Saudi Medical Journal*. 2001;22(10):875–881.
31. Armstrong N, Welsman J. "Peak oxygen uptake in relation to growth and maturation in 11- to 17-year-old humans". *European Journal of Applied Physiology*. 2001;85(6):546– 551.
32. Armstrong N, Williams J, Balding J, Gentle P, Kirby B. "The peak oxygen uptake of british children with reference to age, sex and sexual maturity. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1991;62(5):369–375.
33. Armstrong N, Kirby BJ, McManus AM, Welsman JR. "Aerobic fitness of prepubescent children". *Annals of Human Biology*. 1995;22(5):427–441.
34. Armstrong N, Kirby B, McManus A, Welsman J. "Prepubescent's ventilatory responses to exercise with reference to sex and body size". *Chest*. 1997;112(6):1554–1560.
35. Dubowy K, Baden W, Bernitzki S, Peters B. "A practical and transferable new protocol for treadmill testing of children and adults". *Cardiology in theyoung*. 2008;18(6):615–623.
36. Geithner C, Thomis M, Vanden B, Maes H, Loos R, Peeters M, et al. "Growth in peak aerobic power during adolescence". *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2004;36(9):1616–1624.
37. Graves L, Batterham A, Fowweather L, McWhannell N, Hopkins ND, Boddy LM, et al. "Scaling of peak oxygen uptake in children: a comparison of three body size index models". *Medicine & Science in Sports & Exercise*.2013;45(12):2341–2345.
38. Gursel Y, Sonel B, Gok H, Yalcin P. "The peak oxygen uptake of healthy

turkish children with reference to age and sex: a pilot study". *The Turkish Journal of Pediatrics* .2004;46(1):38–43.

39. Kemper H, Verschuur R. "Maximal aerobic power in 13-and 14-year-old teenagers in relation to biologic age". *International Journal of Sports Medicine*. 1981;2(2):97–100.

40. Loftin M, Sothorn M, Trosclair L, O'Hanlon A, Miller J, Udall J. "Scaling  $VO_2$  peak in obese and non-obese girls". *Obesity research*.2001;9(5):290–296.

41. Mandadzhieva S, Marinov B, Kostianev S, Turnovska T. "Anthropometric and cardiopulmonary parameters in bulgarian and romany children: cross-sectional study". *Croatian Medical Journal*. 2005;46(2):294–301.

42. Marinov B, Kostianev S, Turnovska T. "Ventilatory response to exercise and rating of perceived exertion in two pediatric age groups". *Acta Physiologica et Pharmacologica Bulgarica*. 2000;25(3–4):93–98.

43. Marinov B, Mandadzhieva S, Kostianev S. "Oxygen-uptake efficiency slope in healthy 7- to 18-year-old children". *Pediatric Exercise Science*.2007;19(2):159–170.

44. McManus A, ChungYung T, Leung M. "Peak oxygen uptake in relation to age, sex, and maturation in Hong Kong Chinese children. *American Journal of Human Biology*.2004;16(5):602–605.

45. Nagano Y, Baba R, Kuraishi K, Yasuda T, Ikoma M, Nishibata K, et al. "Ventilatory control during exercise in normal children". *Pediatric Research*.1998;43(5):704–707.

46. Nes B, Osthus I, Welde B, Aspenes S, Wisloff U. "Peak oxygen uptake and physical activity in 13- to 18-year-olds:the young-hunt study". *Medicine & Science in Sports & Exercise*.2013;45(2):304–313.

47. Reybrouck T, Weymans M, Stijns H, Knops J, Hauwaert L. "Ventilatory anaerobic threshold in healthy children. Age and sex differences". *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1985;54(3):278–284.

48. Welsman J, Armstrong N, Nevill A, Winter E, Kirby B. Scalingpeak.  $VO_2$  for differences in body size. *Medicine & Science in Sports & Exercise*.1996;28(2):259–265.

49. Akkerman M, Van Brussel M, Bongers B, Hulzebos E, Helders P, Takken T. "Oxygen uptake efficiency slope in healthy children". *Pediatric Exercise Science*.2010;22(3):431–441.

50. Andersen L, Henckel P, Saltin B. "Maximal oxygen uptake in Danish adolescents 16–19 years of age". *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1987;56(1):74–82.
51. Cooper D, Weiler-Ravell D. "Gas exchange response to exercise in children". *The American Review of Respiratory Disease*. 1984;129(2):47–48.
52. Cooper D, Weiler-Ravell D, Whipp B, Wasserman K. "Growth-related changes in oxygen uptake and heart rate during progressive exercise in children". *Pediatric Research*. 1984;18(9):845–851.
53. Cooper D, Weiler-Ravell D, Whipp B, Wasserman K. "Aerobic parameters of exercise as a function of body size during growth in children". *Journal of applied physiology: respiratory, environmental and exercise physiology*. 1984;56(3):628–634.
54. Cooper D, Kaplan M, Baumgarten L, Weiler-Ravell D, Whipp BJ, Wasserman K. "Coupling of ventilation and CO<sub>2</sub> production during exercise in children". *Pediatric Research*. 1987;21(6):568–572.
55. Flandrois R, Grandmontagne M, Mayet M, Favier R, Frutoso J. "Maximal oxygen uptake in French children in relation to age, sex and physical training". *The Journal of Physiology*. 1982;78(2):186–194.
56. Giardini A, Odendaal D, Hambadkone S, Derrick G. "Physiologic decrease of ventilatory response to exercise in these conddecade of life in healthy children *American Heart Journal*. 2011;161(6):1214–1219.
57. Gulmans V, de Meer K, Binkhorst R, Helders P, Saris W. "Reference values for maximum work capacity in relation to body composition in healthy Dutch children". *European Respiratory Journal*. 1997;10(1):94–97.
58. Mercier J, Varray A, Ramonatxo M, Mercier B, Prefaut C. "Influence of anthropometric characteristics on changes in maximal exercise ventilation and breathing pattern during growth in boys". *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1991;63(3–4):235–241.
59. Prioux J, Ramonatxo M, Mercier J, Granier P, Mercier B, Prefaut C. "Changes in maximal exercise ventilation and breathing pattern in boys during growth: a mixed cross-sectional longitudinal study". *Acta Physiologica Scandinavica* 1997;161(4):447–458.
60. Rosenthal M, Bush A. "Ventilatory variables in normal children during restand exercise". *European Respiratory Journal*. 2000;16(6):1075–1083.

61. Ten Harkel A, Takken T, Van Osch-Gevers M, Helbing W. "Normal values for cardiopulmonary exercise testing in children". *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*. 2011;18(1):48–54.
62. Washington R, van Gundy J, Cohen C, Sondheimer H, Wolfe R. "Normal aerobic and anaerobic exercise data for north american school-age children". *The Journal of Pediatrics*. 1988;112(2):223–233.
63. Dilber D, Malčić I, Čaleta T, et al. "Reference values for cardiopulmonary exercise testing in children and adolescents in northwest Croatia". *Paediatrica Croatica*. 2015;59:195–201.
64. Abella IT, Tocci AC, Iglesias DE, et al. "Cardiopulmonary exercise testing in healthy children". *Revista Argentina de Cardiología*. 2016;84(5):412–417.
65. T. Takken, C.F. Mylius, D. Paap, W. Broeders, H.J. Hulzebos, M. Van Brussel, et al. "Reference values for cardiopulmonary exercise testing in healthy subjects – an updated systematic review. *Expert Review of Cardiovascular Therapy*. 2019;17(6):413–426
66. Duff DK, De Souza AM, Human DG, et al. "A novel treadmill protocol for exercise testing in children: the britishcolumbia children's hospital protocol". *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*. 2017;3(1):e000197.
67. Rossi Neto JM, Tebexreni AS, Alves ANF, et al. "Cardiorespiratory fitness data from 18,189 participants who underwent treadmill cardiopulmonary exercise testing in a Brazilian population". *PlosOne*. 2019;14(1):e0209897.
68. Blanchard J, Blais S, Chetaille P, et al. "New reference values for cardiopulmonary exercise testing in children. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2018;50(6):1125–1133.
69. Bongers BC, Hulzebos EH, Helbing WA, et al. "Response profiles of oxygen uptake efficiency during exercise in healthy children". *European Journal of Preventive Cardiology*. 2016;23(8):865–873.
70. Lintu N, Viitasalo A, Tompuri T, et al. "Cardiorespiratory fitness, respiratory function and hemodynamic responses to maximal cycle ergometer exercise test in girls and boys aged 9-11 years: the panic study". *European Journal Applied Physiology*. 2015;115(2):235–243.
71. Tim Takken, Bart C. Bongers, Marco van Brussel, Eero A. Haapala, Erik H. J. Hulzebos. "Cardiopulmonary exercise testing in pediatrics. *Annals of the American Thoracic Society*. 2017;14(1):123-128.



72. Armstrong N and Welsman J. "Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents". *Exercise and Sport Sciences Reviews* 1994; 22(1):435-76
73. J. W. BARTLETT and C. FROST. "Reliability, repeatability and reproducibility: analysis of measurement errors in continuous variables". *Ultrasound in Obstetrics Gynecology* 2008; 31: 466–475
74. Erik H.J. Hulzebos, Marcella Burghard, Tim Takken. "A Systematic Approach to Interpreting the Cardiopulmonary Exercise Test in Pediatrics". *Pediatric Exercise Science*. 2019;31(2):194-203.
75. Samuel Blais, Jade Berbari, Francois-Pierre Counil, Frederic Dallaire. "A systematic review of reference values in pediatric cardiopulmonary exercise testing. *Pediatric Cardiology* 2015;36:1553–1564
76. Zoe L. Saynor, Alan R. Barker, Patrick J. Oades, Craig A. Williams. "Reproducibility of maximal cardiopulmonary exercise testing for young cystic fibrosis patients". *Journal of Cystic Fibrosis*. 2013;12:644–650
77. Janke Frederike de Groot, Tim Takken, Rob H.J. M Gooskens, Marja A.G.C. Schoenmakers, Manon Wubbels, Luc Vanhess, et al. "Reproducibility of Maximal and Submaximal Exercise Testing in "Normal Ambulatory" and "Community Ambulatory" children and adolescents with spina bifida: Which is best for the evaluation and application of exercise training physical therapy". *Journal of the American Physical Therapy Association*. 2011; 91(2):268-276.
78. Cunningham D.A, Waterschoot BM, Paterson D.H, Lefcoe M, Sangal S. P. "Reliability and reproducibility of maximal oxygen uptake measurement in children". *Medicine and Science in Sports*. 1977; 9(2):104-108.
79. Sociedade Brasileira de Pneumologia. "Diretrizes para testes de função pulmonar". *Jornal Brasileiro de Pneumologia* 2002;28(3):44-58.
80. Quanjer PF, Stanojevic S, Cole TJ, Baur X, Hall GL, Culver BH. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3-95-yr age range: the global lung function 2012 equations *Eur Respir J* 2012;40:1324-1343.
81. Chan N, Sung R, Kong A, Goggins W, So H, Nelson E. "Reliability of pubertal self-assessment in hongkong Chinese children". *Journal of Paediatrics and Child Health*. 2008;44(6):353-358.
82. Duke P, Litt F, Gross T. "Adolescents' self-assessment of Sexual Maturation". *Pediatrics*. 1980;66:918-920.

83. Matsudo S, Araújo T, Marsudo V, Andrade D, Andrade E, Oliveira L, et al. "Questionário internacional de atividade física (IPAQ): estudo de validade e reprodutibilidade no Brasil". *Revista Brasileira de atividade física e saúde* 2001;6(2): 5-18.
84. Guedes D, Lopes C, Guedes J. "Reprodutibilidade e validade do questionário internacional de atividade física em adolescentes. *Revista Brasileira de medicina do esporte* 2005; 11(2): 152-158.
85. Rocha E, Rose G, Schivinski C. "Level of physical activity and functional in athletes children". *Journal of Human Growth and Development*. 2014; 24(2):127-134.
86. Onis M, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ*. 2007; 85 (9): 660–667.
87. Turck D, Michaelsen KF, Shamir R, Braegger C, Campoy C, Colomb V et al. "World health organization 2006 child growth standards and 2007 growth reference charts: A discussion paper by the committee on nutrition of the european society for pediatric gastroenterology, hepatology, and nutrition". *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*. 2013; 57(2): 258-64.
88. Sabharwal S, Kumar A. Methods for assessing leg length discrepancy. *Clin Orthop Relat Res* 2008; 466(12): 2910-2922.
89. Puente-Maestu L, Palange P, Casaburi R, Laveneziana P, Maltais F, Neder J, O'Donnell D, et al. Use of exercise testing in the evaluation of interventional efficacy: an official ERS statement. *Eur Respir J*. 2016;47(2):429-460.
90. Neder J, Nery L, Peres C, Whipp B. Reference values for dynamic responses to incremental cycle ergometry in males and females aged 20 to 80. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001; 164(8):1481-1486.
91. de-Mateo-Silleras B, de-la-Cruz-Marcos S, Alonso-Izquierdo L, Camina-Martín MA, Marugán-de-Miguelsanz JM, Redondo-Del-Río MP. Bioelectrical impedance vector analysis in obese and overweight children. *PLoS One*. 2019 Jan 24;14(1):e0211148.
92. Tabachnick BG, Fidell LS. "Using multivariate statistics. Boston: Allyn and Bacon"; 2001. p 71.

93. Terwee CB, Mokkink LB, Knol DL, et al. Rating the methodological quality in systematic reviews of studies on measurement properties: a scoring system for the COSMIN checklist. *Qual Life Res.* 2012;21:651–657
94. Neder JA, Nery LE, Andreoni S, Sachs A, Whipp JB. Oxygen Cost for Cycling as Related to Leg Mass in Males and Females, Aged 20 to 80. *Int J Sports Med* 2000; 21: 263–269

## 10- Anexos

### ANEXO 1: TCLE - Termo de Consentimento para Participação em Pesquisa Clínica:

Nome do Voluntário: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

Telefone para contato: \_\_\_\_\_ Cidade: \_\_\_\_\_ CEP: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

**1.Título do Trabalho Experimental:** “Valores de referência para o teste de exercício cardiopulmonar em crianças e adolescentes saudáveis”.

**2.Objetivo:** O nosso objetivo é saber os valores do coração e pulmão que as crianças atingirão na bicicleta e saber se todas as crianças com as mesmas idades atingem os mesmos valores na bicicleta, e depois avaliar a força das crianças.

**3.Justificativa:** O teste realizado em bicicleta é muito importante para saber as condições do coração e do pulmão das crianças, no entanto, poucos estudos avaliaram crianças para saber qual o melhor desempenho que devem ter no teste.

**4. Procedimentos da Fase Experimental:** O estudo será realizado em uma visita (duração aproximadamente de 3 horas): os voluntários realizarão o teste do sopro para descartar presença de alterações pulmonares, responderá questionários, realizarão o teste em bicicleta, avaliação do comprimento da perna, avaliação da circunferência da coxa e, adicionalmente, faremos a avaliação de gordura do corpo da criança.

**5.Desconforto ou Riscos Esperados:** Seu filho (menor responsável) poderá sentir cansaço durante a realização dos testes, mas ele (a) pode interromper qualquer teste a qualquer momento caso sinta desconforto respiratório intolerável. Pode ocorrer queda do oxigênio durante os testes, mas caso isso aconteça será administrado oxigênio, disponível no laboratório. Existe risco de queda, entretanto, este risco é mínimo e teremos médicos no setor.

**6. Métodos Alternativos Existentes:** Não há.

**7. Retirada do Consentimento:** Você e o voluntário têm a liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo.

**8. Garantia do Sigilo:** Os pesquisadores asseguram a sua privacidade quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa.

**9. Formas de Ressarcimento das Despesas decorrentes da Participação na Pesquisa:** Não há.

**10. Local da Pesquisa:** A pesquisa será desenvolvida no Laboratório de Fisiologia do Exercício, Universidade Nove de Julho – UNINOVE, localizada à Rua Vergueiro, 235/249, 2ºSS CEP: 01504-001, São Paulo- SP. Endereço do Comitê de Ética da Uninove: Rua Vergueiro nº 235/249 – Liberdade – São Paulo – SP CEP: 01504-001 Fone: 3385-9226.

**11.** Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) é um colegiado interdisciplinar e independente, que deve existir nas instituições que realizam pesquisas envolvendo seres humanos no Brasil, criado para defender os interesses dos participantes de pesquisas em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento das pesquisas dentro dos padrões éticos (Normas e Diretrizes Regulamentadoras da Pesquisa envolvendo Seres Humanos – Res. CNS nº 466/12). O Comitê de Ética é responsável pela avaliação e acompanhamento dos protocolos de pesquisa no que corresponde aos aspectos éticos.

**Endereço do Comitê de Ética da Uninove: Rua. Vergueiro nº 235/249 – 3º subsolo - Liberdade – São Paulo – SP CEP. 01504-001 Fone: 3385-9197**  
[comitedeetica@uninove.br](mailto:comitedeetica@uninove.br)

**12. Nome Completo e telefones dos Pesquisadores (Orientador e Alunos) para Contato:** ProfªDrªSimone Dal Corso Tel (11) 98265-7679, Laboratório de Fisiologia do Exercício Tel (11) 3385-9226/9060, JessycaPachi Rodrigues Selman Tel (11) 97063-3449

**13.** Eventuais intercorrências que vierem a surgir no decorrer da pesquisa poderão ser discutidas pelos meios próprios.

São Paulo, de de 201 .

**15. Consentimento Pós-Informação:**

Eu, \_\_\_\_\_, após leitura e compreensão deste termo de informação e consentimento, entendo que minha participação é voluntária, e que posso sair a qualquer momento do estudo, sem prejuízo algum. Confirmando que recebi uma via deste termo de consentimento, e autorizo a realização do trabalho de pesquisa e a divulgação dos dados obtidos somente neste estudo no meio científico.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Participante

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Pesquisador

**16.** Eu, **Simone Dal Corso** (Pesquisador do responsável desta pesquisa), certifico que:

- a) Considerando que a ética em pesquisa implica o respeito pela dignidade humana e a proteção devida aos participantes das pesquisas científicas envolvendo seres humanos;
- b) Este estudo tem mérito científico e a equipe de profissionais devidamente citados neste termo é treinada, capacitada e competente para executar os procedimentos descritos neste termo;
- c) A resolução CNS nº 466/12 dispõe sobre as normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais, cujo procedimentos metodológicos envolvam a utilização de dados diretamente obtidos com os participantes.

\_\_\_\_\_  
Simone Dal Corso  
Assinatura do Pesquisador Responsável  
**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO– UNINOVE**

**ANEXO 2: Termo de assentimento para criança e adolescente**  
**(maiores de 6 anos e menores de 18 anos)**

Você está sendo convidado para participar da pesquisa “Valores de referência para o teste de exercício cardiopulmonar em crianças e adolescentes saudáveis”. Seus pais permitiram que você participe. Queremos saber o comportamento da sua respiração durante uma avaliação, pedalando uma bicicleta parada e uma máscara.

A pesquisa será feita no Laboratório de Reabilitação Cardiopulmonar/Vergueiro onde as crianças realizarão dois testes em bicicleta, e teste de sopro. Para isso, será usado uma bicicleta, um aparelho de sopro, um relógio e uma máscara. Esse material é considerado seguro, mas é possível ocorrer cansaço e falta de ar (caso isso ocorra, você receberá oxigênio e bombinha). Você pode nos procurar pelos telefones 3385-9060/9226 pesquisadora: JessycaPachi

Mas há coisas boas que podem acontecer como saber seu condicionamento físico e suas respostas no exercício.

Se você morar longe do endereço: Rua Vergueiro, 249, Bairro Liberdade CEP: 01154001. Nós daremos a seus pais dinheiro suficiente para transporte, para também acompanhar a pesquisa. Ninguém saberá que você está participando da pesquisa; não falaremos a outras pessoas, nem daremos a estranhos as informações que você nos der. Os resultados da pesquisa vão ser publicados, mas sem identificar as crianças que participaram. Quando terminarmos a pesquisa iremos apresentar os resultados dos testes para pesquisas e trabalhos.

Se você tiver alguma dúvida, você pode me perguntar. Eu escrevi os telefones na parte de cima deste texto.

**CONSENTIMENTO PÓS INFORMADO**

Eu \_\_\_\_\_ aceito participar da pesquisa “Valores de referência para o teste de exercício cardiopulmonar em crianças e adolescentes saudáveis”. Entendi as coisas ruins e as coisas boas que podem acontecer.

Entendi que posso dizer “sim” e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer “não” e desistir e que ninguém vai ficar furioso.

Os pesquisadores tiraram minhas dúvidas e conversaram com os meus responsáveis.

Recebi uma cópia deste termo de assentimento e li e concordo em participar da pesquisa.

São Paulo, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

---

Assinatura do menor

Assinatura do(a) pesquisador(a)



## Anexo 3


### Escala de auto-avaliação do estágio puberal

**Autoavaliação puberal (masculina)**

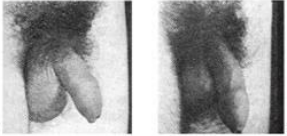
Indique de qual estágio você está mais próximo:

**PELOS**

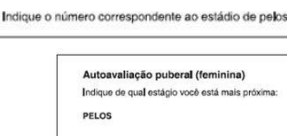
1 - Sem pelo algum




2



3

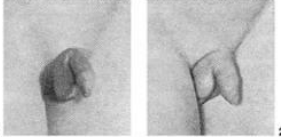


4

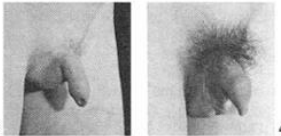


5


**GENITAIS**



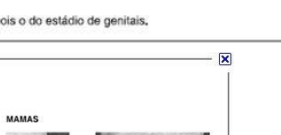
1



3



4



5

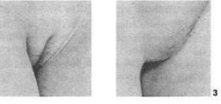
Indique o número correspondente ao estágio de pelos, e depois o do estágio de genitais.

**Autoavaliação puberal (feminina)**

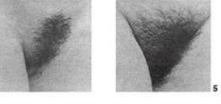
Indique de qual estágio você está mais próxima:

**PELOS**


1 - Sem pelo algum




2



3

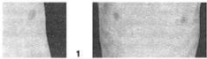


4




5


**MAMAS**




1



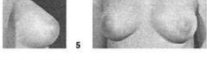
2



3



4



5

Indique o número correspondente ao estágio de pelos e depois o do estágio de mamas.

## ANEXO 4 (IPAQ)

## QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA

- FORMA CURTA -

Nome: \_\_\_\_\_  
 Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ Idade : \_\_\_\_\_ Sexo: F ( ) M ( )  
 Você trabalha de forma remunerada: ( ) Sim ( ) Não  
 Quantas horas você trabalha por dia: \_\_\_\_\_  
 Quantos anos completos você estudou: \_\_\_\_\_  
 De forma geral sua saúde está:  
 ( ) Excelente ( ) Muito boa ( ) Boa ( ) Regular ( ) Ruim

Nós estamos interessados em saber que tipos de atividade física as pessoas fazem como parte do seu dia a dia. Este projeto faz parte de um grande estudo que está sendo feito em diferentes países ao redor do mundo. Suas respostas nos ajudarão a entender que tão ativos nós somos em relação à pessoas de outros países. As perguntas estão relacionadas ao tempo que você gasta fazendo atividade física em uma semana **NORMAL, USUAL** ou **HABITUAL**. As perguntas incluem as atividades que você faz no trabalho, para ir de um lugar a outro, por lazer, por esporte, por exercício ou como parte das suas atividades em casa ou no jardim. Suas respostas são **MUITO** importantes. Por favor responda cada questão mesmo que considere que não seja ativo. Obrigado pela sua participação !

Para responder as questões lembre que:

- atividades físicas **VIGOROSAS** são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem respirar **MUITO** mais forte que o normal
- atividades físicas **MODERADAS** são aquelas que precisam de algum esforço físico e que fazem respirar **UM POUCO** mais forte que o normal

Para responder as perguntas pense somente nas atividades que você realiza **por pelo menos 10 minutos contínuos** de cada vez:

**1a.** Em quantos dias de uma semana normal, você realiza atividades **VIGOROSAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo correr, fazer ginástica aeróbica, jogar futebol, pedalar rápido na bicicleta, jogar basquete, fazer serviços domésticos pesados em casa, no quintal ou no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que faça você suar **BASTANTE** ou aumentem **MUITO** sua respiração ou batimentos do coração.

dias \_\_\_\_\_ por **SEMANA** ( ) Nenhum

**1b.** Nos dias em que você faz essas atividades vigorosas por pelo menos 10 minutos contínuos, quanto tempo no total você gasta fazendo essas atividades **por dia**?

horas: \_\_\_\_\_ Minutos: \_\_\_\_\_

**2a.** Em quantos dias de uma semana normal, você realiza atividades **MODERADAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo pedalar leve na bicicleta, nadar, dançar, fazer ginástica aeróbica leve, jogar vôlei recreativo, carregar pesos leves, fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar do jardim, ou qualquer atividade que faça você suar leve ou aumentem **moderadamente** sua respiração ou batimentos do coração (**POR FAVOR NÃO INCLUA CAMINHADA**)

dias \_\_\_\_\_ por **SEMANA** ( ) Nenhum

**2b.** Nos dias em que você faz essas atividades moderadas por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gasta fazendo essas atividades **por dia**?

**3a.** Em quantos dias de uma semana normal você caminha por pelo menos 10 minutos contínuos em casa ou no trabalho, como forma de transporte para ir de um lugar para outro, por lazer, por prazer ou como forma de exercício?

dias \_\_\_\_\_ por **SEMANA** ( ) Nenhum

**3b.** Nos dias em que você caminha por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gasta caminhando **por dia**?

horas: \_\_\_\_\_ Minutos: \_\_\_\_\_

**4a.** Estas últimas perguntas são em relação ao tempo que você gasta sentado ao todo no trabalho, em casa, na escola ou faculdade e durante o tempo livre. Isto inclui o tempo que você gasta sentado no escritório ou estudando, fazendo lição de casa, visitando amigos, lendo e sentado ou deitado assistindo televisão.

Quanto tempo **por dia** você fica sentado em um dia da semana?

horas: \_\_\_\_\_ Minutos: \_\_\_\_\_

**4b.** Quanto tempo **por dia** você fica sentado no final de semana?

horas: \_\_\_\_\_ Minutos: \_\_\_\_\_

**ANEXO 5: Escala de BORG modificada**

<b>0</b>	<b>Nenhuma</b>
<b>0,5</b>	<b>Muito, muito leve</b>
<b>1</b>	<b>Muito leve</b>
<b>2</b>	<b>Leve</b>
<b>3</b>	<b>Moderada</b>
<b>4</b>	<b>Pouco intensa</b>
<b>5</b>	<b>Intensa</b>
<b>6</b>	
<b>7</b>	<b>Muito intensa</b>
<b>8</b>	
<b>9</b>	<b>Muito, muito intensa</b>
<b>10</b>	<b>Máxima</b>

**ANEXO 6: Escala visual analógica legendada**