

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE



PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO
MOVIMENTO HUMANO

Acurácia do *software Firstbeat Sports*[®] versão 4.6 e da equação do índice da frequência cardíaca para estimar consumo de oxigênio e gasto energético em sujeitos com alta aptidão cardiopulmonar.

Márcio Antônio Gonsalves Sindorf

2019

TESE DE DOUTORADO

MÁRCIO ANTÔNIO GONSALVES SINDORF

Acurácia do software *Firstbeat Sports*® versão 4.6 e da equação do índice da frequência cardíaca para estimar consumo de oxigênio e gasto energético em sujeitos com alta aptidão cardiopulmonar.

Tese apresentada a banca examinadora do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, da Universidade Metodista de Piracicaba, para obtenção do Título de Doutor em Ciências do Movimento Humano.

Orientador: Prof. Dr. Charles Ricardo Lopes

PIRACICABA - SP

2019

Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNIMEP
Bibliotecária: Marjory Harumi Barbosa Hito - CRB-8/9128.

S616a	<p>Sindorf, Márcio Antônio Gonsalves</p> <p>Acurácia do software Firstbeat Sports® versão 4.6 e da equação do índice da frequência cardíaca para estimar consumo de oxigênio e gasto energético em sujeitos com alta aptidão cardiopulmonar / Márcio Antônio Gonsalves Sindorf. – 2019. 78 f. : il. ; 30 cm</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Charles Ricardo Lopes. Tese (Doutorado) – Universidade Metodista de Piracicaba, Ciências do Movimento Humano, Piracicaba, 2019.</p> <p>1. Frequência Cardíaca. 2. Consumo de Oxigênio. I. Lopes, Charles Ricardo. II. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU – 612</p>
-------	--

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer os membros constituintes da banca examinadora (Prof. Dr. Charles Ricardo Lopes; Prof^a. Dr^a Marlene Aparecida Moreno; Prof. Dr. Tiago Volpi Braz; Prof^a. Dr^a Pamela Roberta Gomes Gonelli; Prof. Dr. Danilo Sales Bocalini) pela contribuição intelectual na elaboração deste trabalho e pelos ensinamentos transmitidos no processo de arguição do trabalho apresentado.

Agradeço o meu orientador, Professor Dr. Charles Ricardo Lopes, por todos os ensinamentos transmitidos ao longo desses quatro anos de curso; também agradeço pela oportunidade de realizar este projeto de pesquisa.

Agradeço a Professora Dr^a. Marlene Aparecida Moreno por todo o suporte que me deu ao longo desses quatro anos de curso, possibilitando assim, a realização deste projeto de pesquisa.

Agradeço a Professora Dr^a. Pamela Roberta Gomes Gonelli por estar presente em todos os momentos de minha formação acadêmica. Desde a graduação, iniciação científica, mestrado, e agora, o doutorado.

Agradeço o Professor Dr. Tiago Volpi Braz pela amizade e pela contribuição na minha formação acadêmica.

Agradeço o Professor Dr. Danilo Sales Bocalini por contribuir neste momento tão importante de minha formação acadêmica.

Agradeço os professores Tiago Volpi Braz e Felipe Ornelas pelas contribuições dadas para a realização deste projeto de pesquisa.

Agradeço aos sujeitos que se voluntariaram para compor a amostra deste trabalho. Muito obrigado a todos os voluntários.

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi analisar a acurácia do *software Firstbeat Sports*[®] versão 4.6.0.3 para estimar consumo de oxigênio (VO_2) e gasto energético (GE) e da equação do índice da frequência cardíaca (FC) para estimar VO_2 em sujeitos com alta aptidão cardiopulmonar durante um teste incremental máximo em esteira rolante. Participaram do estudo 18 homens com alta aptidão cardiopulmonar (consumo máximo de oxigênio [VO_{2max}] de 73,03 [68,71-77,35] ml/kg/min). Os sujeitos realizaram mensuração da FC de repouso e um teste incremental máximo na esteira rolante. Durante o período de esforço do teste incremental máximo, foi analisada a acurácia do *software* da *Firstbeat*[®] e da equação do índice da FC. O *software* da *Firstbeat*[®] foi analisado de duas maneiras, primeiro com o que se considera como *input* básico de informações no cadastro dos sujeitos no *software* (n=18), posteriormente, com o que se considera como *input* elaborado de informações no cadastro dos sujeitos no *software* (n=17). Os valores de VO_2 gerados pela equação do índice da FC foram expressos em equivalentes metabólicos (METs) (n=18). Os dados estimados pelos métodos supracitados foram comparados com os reais mensurados por meio de um analisador de gases expirados. Os dados foram analisados por meio do *Test T* pareado, ANOVA Two-Way medidas repetidas, tamanho do efeito de *Cohen*, concordância de *Bland-Altman*, correlação de *Pearson* e coeficiente de correlação intraclass para a consistência e concordância absoluta. Os principais resultados foram: a) o *software* da *Firstbeat*[®], com o *input* básico, apresentou baixa concordância e correlação para estimar VO_{2max} , VO_2 no ponto de compensação respiratória (PCR) e limiar ventilatório (LV) e VO_2 em cargas de trabalho submáxima e próxima do máximo, sendo que o *input* elaborado apenas melhorou a correlação; b) o *software* da *Firstbeat*[®] apresentou concordância e correlação variando de baixo a moderado para estimar GE em cargas de trabalho submáxima e próxima do máximo, independente do tipo de *input* de informações; c) a equação do índice da FC apresentou baixa concordância e correlação para estimar VO_{2max} , VO_2 no PCR e LV e VO_2 em cargas de trabalho submáxima e próxima do máximo. Conclui-se que: a) o *software* da *Firstbeat*[®] apresentou acurácia não satisfatória para estimar VO_{2max} e VO_2 no PCR e LV, bem como, para estimar VO_2 em cargas de trabalho submáxima e próxima do máximo; b) o *software* da *Firstbeat*[®] apresentou acurácia não satisfatória para estimar GE em cargas de trabalho submáxima e próxima do máximo; c) a equação do índice da FC apresentou acurácia não satisfatória para estimar VO_{2max} e VO_2 no PCR e LV, bem como, para estimar VO_2 em cargas de trabalho submáxima e próxima do máximo.

Palavras-chave: concordância; correlação; variabilidade da frequência cardíaca; equivalentes metabólicos.

ABSTRACT

The purpose of the present study were to analyze the accuracy of Firstbeat Sports® software version 4.6.0.3 to estimate oxygen consumption (VO_2) and energy expenditure (EE) and of heart rate (HR) index equation to estimate VO_2 in subjects with high cardiopulmonary fitness during a maximum incremental test on treadmill. Participants in this study were 18 males with high cardiopulmonary fitness (maximum oxygen consumption [VO_{2max}] of 73.03 [68.71-77.35] ml/kg/min). The subjects performed resting HR measurement and a maximum incremental test on the treadmill. During the effort period of the maximum incremental test, the accuracy of Firstbeat® software and the HR index equation was analyzed. Firstbeat® software was analyzed in two ways, first with what is considered as basic input of information in the register of subjects in the software (n=18), posteriorly, with what is considered as elaborate input of information in the subjects register in the software (n=17). The VO_2 values generated by the HR index equation were expressed in metabolic equivalents (METs) (n=18). The data estimated by the aforementioned methods were compared with the real ones measured by an expired gas analyzer. Data were analyzed using the paired T Test, ANOVA Two-Way repeated measures, Cohen's effect size, Bland-Altman's concordance, Pearson's correlation and intraclass correlation coefficient for consistency and absolute agreement. The main results were: a) Firstbeat® software, with the basic input, presented low agreement and correlation to estimate VO_{2max} , VO_2 at the respiratory compensation point (RCP) and ventilatory threshold (VT) and VO_2 in submaximal and near maximal workloads. The elaborated input only improved the correlation; b) Firstbeat® software presented agreement and correlation varying from low to moderate to estimate EE in submaximal and near maximum workloads, regardless of the type of information input; c) the HR index equation showed low agreement and correlation to estimate VO_{2max} , VO_2 in the RCP and VT and VO_2 in submaximal and near maximum workloads. It is concluded that: a) Firstbeat® software presented unsatisfactory accuracy to estimate VO_{2max} and VO_2 in RCP and VT as well as to estimate VO_2 in submaximal and near maximal workloads; b) Firstbeat® software presented unsatisfactory accuracy to estimate EE in submaximal and near maximal workloads; c) HR index equation presented unsatisfactory accuracy to estimate VO_{2max} and VO_2 in RCP and VT as well as to estimate VO_2 in submaximal and near maximal workloads.

Key words: agreement; correlation; heart rate variability; metabolic equivalents.

LISTA DE ABREVIATURAS

METs - Equivalentes metabólicos

LV - Limiar ventilatório

PCR - Ponto de compensação respiratório

VO₂max - Consumo máximo de oxigênio

GE - Gasto energético

VO₂ - Consumo de oxigênio

FC - Frequência cardíaca

FCmax - Frequência cardíaca máxima

VFC - Variabilidade da frequência cardíaca

iR-R - Intervalos R-R

VCO₂ - Produção de dióxido de carbono

VE - Ventilação pulmonar

VE/VO₂ – Equivalente ventilatório para o consumo de oxigênio

VE/VCO₂ - Equivalente ventilatório para a produção de dióxido de carbono

η^2_p - Eta parcial ao quadrado

d - Tamanho do efeito de Cohen

IC - Intervalo de confiança

r - Correlação de Pearson

ICCc - Coeficiente de correlação intraclassas para a consistência

ICCa - Coeficiente de correlação intraclassas para a concordância absoluta

MS – Mensurado

ES – Estimado

LSC - Limite superior de concordância

LIC - Limite inferior de concordância

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Figura ilustrativa do monitor cardíaco (*Polar® RS800 CX*) utilizado para coleta da FC de repouso.....26
- Figura 2.** Ilustra o procedimento adotado para coleta da FC de repouso.....27
- Figura 3.** Ilustra o procedimento adotado para realização do teste incremental máximo.....29
- Figura 4.** Mostra o analisador de gases expirados (*Medical Graphics® VO2000*) utilizado no teste incremental máximo.....30
- Figura 5.** Ilustra o procedimento para coleta dos dados por meio do *software* da *Firstbeat®* durante o teste incremental máximo. Figura A mostra a cinta do monitor cardíaco e o receptor *wireless*. Figura B mostra o computador onde os dados foram captados e armazenados.....32
- Figura 6.** As figuras A, B e C mostram as análises de *Bland-Altman* dos dados apresentados na tabela 3 com os *inputs* de informações básicas obtidos pelo *software* da *Firstbeat®*, já, as figuras D, E e F mostram a mesma análise, mas com os *inputs* de informações elaboradas. VO₂: consumo de oxigênio; VO₂max: consumo máximo de oxigênio; PCR: ponto de compensação respiratória; LV: limiar ventilatório; LIC: limite inferior de concordância; LSC: limite superior de concordância; MS: mensurado pelo analisador gases expirados; ES: estimado pelo *software* da *Firstbeat®*.....38
- Figura 7.** Mostra as análises de *Bland-Altman* dos dados estimados pelo *software* da *Firstbeat®* vs o mensurado pelo analisador de gases expirados apresentados na tabela 4 com os *inputs* básicos de informações. VO₂: consumo de oxigênio; LIC: limite inferior de concordância; LSC: limite superior de concordância; MS: mensurado pelo analisador de gases expirados; ES: estimado pelo *software* da *Firstbeat®*.....42

- Figura 8.** Mostra as análises de *Bland-Altman* dos dados estimados pelo *software* da *Firstbeat*[®] vs o mensurado pelo analisador de gases expirados apresentados na tabela 4 com os *inputs* elaborados de informações. VO₂: consumo de oxigênio; LIC: limite inferior de concordância; LSC: limite superior de concordância; MS: mensurado pelo analisador de gases expirados; ES: estimado pelo *software* da *Firstbeat*[®].....43
- Figura 9.** Mostra as análises de *Bland-Altman* dos dados estimados pelo *software* da *Firstbeat*[®] vs o mensurado pelo analisador de gases expirados apresentados na tabela 5 com os *inputs* básicos de informações. GE: gasto energético; LIC: limite inferior de concordância; LSC: limite superior de concordância; MS: mensurado pelo analisador de gases expirados; ES: estimado pelo *software* da *Firstbeat*[®].....47
- Figura 10.** Mostra as análises de *Bland-Altman* dos dados estimados pelo *software* da *Firstbeat*[®] vs o mensurado pelo analisador de gases expirados apresentados na tabela 5 com os *inputs* elaborados de informações. GE: gasto energético; LIC: limite inferior de concordância; LSC: limite superior de concordância; MS: mensurado pelo analisador de gases expirados; ES: estimado pelo *software* da *Firstbeat*[®].....48
- Figura 11.** Mostra as análises de *Bland-Altman* dos dados apresentados na tabela 6. METs: equivalentes metabólicos; VO₂max: consumo máximo de oxigênio; PCR: ponto de compensação respiratória; LV: limiar ventilatório; LIC: limite inferior de concordância; LSC: limite superior de concordância; MS: mensurado pelo analisador gases expirados; ES: estimado pela equação do índice da FC.....50
- Figura 12.** Mostra as análises de *Bland-Altman* dos dados estimados pela equação do índice da FC vs o mensurado pelo analisador de gases expirados apresentados na tabela 7. METs: equivalentes metabólicos; LIC: limite inferior de concordância; LSC: limite superior de concordância; MS: mensurado pelo analisador de gases expirados; ES: estimado pela equação do índice da FC.....53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados descritivos do teste incremental máximo (Média e 95% IC)	35
Tabela 2. Mostra a classificação da intensidade de esforço ao longo dos percentuais do tempo efetivo de teste de acordo com o <i>American College of Sports Medicine</i> .	36
Tabela 3. Mostra a comparação do VO_2 max e VO_2 no PCR e LV mensurado pelo analisador de gases expirados versus o estimado pelo <i>software</i> da <i>Firstbeat</i> [®] com os <i>inputs</i> de informações básicas e elaboradas.	37
Tabela 4. Mostra a comparação do VO_2 mensurado pelo analisador de gases expirados versus o estimado pelo <i>software</i> da <i>Firstbeat</i> [®] com os <i>inputs</i> de informações básicas e elaboradas ao longo dos percentuais do tempo efetivo de teste do teste incremental máximo.	40
Tabela 5. Mostra a comparação do GE mensurado pelo analisador de gases expirados versus o estimado pelo <i>software</i> da <i>Firstbeat</i> [®] com os <i>inputs</i> de informações básicas e elaboradas ao longo dos percentuais do tempo efetivo de teste do teste incremental máximo.	45
Tabela 6. Mostra a comparação do VO_2 max e VO_2 no PCR e LV mensurado pelo analisador de gases expirados versus o estimado pela equação do índice da FC...	49
Tabela 7. Mostra a comparação dos METs mensurado pelo analisador de gases expirados versus o estimado pela equação do índice da FC ao longo dos percentuais do tempo efetivo de teste do teste incremental máximo.	51

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS.....	21
2.1. Objetivo geral.....	21
2.2. Objetivos específicos.....	21
3. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA.....	22
4. HIPÓTESES DO ESTUDO.....	23
5. MÉTODOS.....	24
5.1. Procedimentos.....	24
5.2. Sujeitos.....	24
5.3. Medida da FC de repouso.....	25
5.4. Teste incremental máximo.....	27
5.5. Aquisição dos dados por meio do <i>software</i> da <i>Firstbeat</i> [®] e da equação do índice da FC.....	30
5.6. Análise estatística.....	33
6. RESULTADOS.....	35
6.1. Resultado do teste incremental máximo.....	35
6.2. Comparação do VO ₂ max e VO ₂ no PCR e LV mensurado pelo analisador de gases expirados versus o estimado pelo <i>software</i> da <i>Firstbeat</i> [®]	37
6.3. Comparação do VO ₂ mensurado pelo analisador de gases expirados versus o estimado pelo <i>software</i> da <i>Firstbeat</i> [®] ao longo do teste incremental máximo.....	39
6.4. Comparação do GE mensurado pelo analisador de gases expirados versus o estimado pelo <i>software</i> da <i>Firstbeat</i> [®] ao longo do teste incremental máximo.....	44
6.5. Comparação do VO ₂ max e VO ₂ no PCR e LV mensurado pelo analisador de gases expirados versus o estimado pela equação do índice da FC.....	49
6.6. Comparação do VO ₂ mensurado pelo analisador de gases expirados versus o estimado pela equação do índice da FC ao longo do teste incremental máximo.....	51
7. DISCUSSÃO.....	54
7.1. VO ₂ max, PCR e LV.....	54
7.2. VO ₂ e GE ao longo do teste incremental máximo.....	60
8. APLICAÇÕES PRÁTICAS.....	66
9. CONCLUSÕES.....	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
ANEXO.....	74
APÊNDICES.....	77

1. INTRODUÇÃO

O corpo humano foi feito para a realização da prática de exercícios físicos (Carnall, 2000), sendo que o exercício físico realizado de forma correta proporciona inúmeros benefícios à saúde (*American College of Sports Medicine*, 1998; KENCHAIH et al., 2009), reduzindo o risco de doenças crônicas (Haskell et al., 2007), diminuindo a taxa de mortalidade e favorecendo a longevidade (Kokkinos et al., 2008; LOLLGEN et al., 2009).

Nos últimos anos, foram publicadas algumas diretrizes sobre a prática de exercícios físicos para a promoção da saúde (*American College of Sports Medicine*, 1998; Haskell et al., 2007; Garber et al., 2011). Nessas diretrizes, destaca-se a importância da realização dos exercícios de resistência, pois sua prática diminui o desenvolvimento de doenças metabólicas como a hipertensão arterial, diabetes, dislipidemia e síndrome metabólica.

Para a promoção e manutenção da saúde em sujeitos saudáveis entre 18 e 65 anos de idade, o *American College of Sports Medicine* e o *American Heart Association* (Haskell et al., 2007; Garber et al., 2011) recomendam um mínimo de treinamento aeróbio de 30 minutos por dia, cinco dias na semana, com intensidade de esforço moderada (46-63%VO₂max), que equivale a uma caminhada rápida, ou 20 minutos por dia, três dias na semana com alta intensidade de esforço (64-90%VO₂max), que equivale a uma corrida. Pode-se fazer, também, a combinação de exercícios com intensidade alta e moderada para atingir o mínimo necessário. A prescrição dos exercícios físicos também pode ser feita por meio do acúmulo de equivalentes metabólicos (METs) na semana, sendo recomendado acúmulo mínimo de 495 METs/min/sem com intensidade de esforço moderada, 480 METs/min/sem com intensidade de

esforço alta ou de 450-750 METs/min/sem mesclando sessões de exercícios de alta e moderada intensidade de esforço (Haskell et al., 2007; Garber et al., 2011). Para que se possa fazer a prescrição dos exercícios físicos de acordo com as diretrizes previamente descritas, é necessário fazer uma avaliação física para se obter parâmetros de aptidão cardiopulmonar e de sobrecarga cardiorrespiratória durante os esforços físicos (Negrão & Barreto, 2010).

Para realizar uma avaliação física e subsequente prescrição de exercícios físicos para melhoria da capacidade física de resistência, é necessário a realização de um teste ergoespirométrico utilizando um analisador de gases expirados (Maud & Foster, 2009; Negrão & Barreto, 2010). Por meio do teste ergoespirométrico, se obtém alguns índices de limitação funcional cardiorrespiratória, sendo estes o limiar ventilatório (LV), ponto de compensação respiratória (PCR) e o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}). Esses índices são utilizados para a prescrição dos exercícios físicos de resistência. Pode-se também, por meio da ergoespirometria, calcular o gasto energético (GE) e a taxa de oxidação de substratos energéticos durante o exercício físico, provendo informações adicionais para a prescrição adequada do exercício físico de resistência (Mcardle et al., 2008).

Destaca-se, que a avaliação física de atletas de resistência, como por exemplo corredores, se dá por meio da determinação do LV, PCR, VO_{2max} e economia de movimento (Seiler, 2010; Rabadán et al., 2011). Sendo que a prescrição da intensidade de treinamento se dá pela análise da sobrecarga cardiorrespiratória (Seiler, 2010; Rabadán et al., 2011).

O teste ergoespirométrico é comumente realizado em laboratórios de pesquisa científica e clínicas médicas, no entanto, sua disponibilidade para os

profissionais da área da saúde que trabalham com a prescrição do exercício físico é limitada, pois o custo para adquirir o equipamento é alto e a utilização do mesmo exige uma *expertise* por parte do avaliador (Kravchychyn et al., 2015; Robertson et al., 2015; Herdy et al., 2016).

Visto a dificuldade da utilização do teste ergoespirométrico utilizando um analisador de gases expirados por parte dos profissionais da área da saúde que trabalham com a prescrição do exercício físico, surgiram os testes indiretos, que são comumente realizados em bancos, pistas de atletismo, esteira rolante e bicicleta ergométrica, e se utilizam de parâmetros básicos e fáceis de serem obtidos para estimar o VO_2 max, consumo de oxigênio (VO_2) e GE, como por exemplo, frequência cardíaca (FC) submáxima, carga externa de trabalho (*i.g.* velocidade e potência) e ritmo de movimento (*i.g.* bpm). Os testes indiretos são de baixo custo e de fácil realização (Mcardle et al., 2008; Marocolo et al., 2012; Kravchychyn et al., 2015; Robertson et al., 2015).

As estimativas indiretas são de grande valia para o avaliador, pois são de fácil realização e provem informações importantes para a avaliação cardiorrespiratória e prescrição do exercício de resistência. No entanto, as estimativas indiretas precisam ser confiáveis e válidas, para tal, precisam passar pelos critérios de acurácia e precisão (Monico et al., 2009; Marocolo et al., 2012). Sendo que a acurácia se remete a proximidade de uma medida em relação ao valor verdadeiro da variável e a precisão se remete ao grau de variação de um conjunto de medições, isto é, quanto maior a precisão, menor a variabilidade entre as medidas (Monico et al., 2009).

A análise da FC tem sido usada como um método indireto para estimar o VO_2 e GE (Robertson et al., 2015). Tradicionalmente, se faz uma calibração

individual onde se estabelece a curva da relação FC/VO₂ (Hills et al., 2014). Entretanto, neste método é necessário o uso de um analisador de gases expirados, tornando-o inviável para prática do dia a dia (Hills et al., 2014). Recentemente, foi desenvolvido um método para estimar o VO₂ e o GE por meio da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) (Smolander et al., 2008; Smolander et al., 2011). Com este método, não há a necessidade de se estabelecer a relação individual da curva FC/VO₂, tornando-o viável para prática do dia a dia (Robertson et al., 2015).

Uma das empresas que desenvolveu o método da VFC para estimar parâmetros cardiorrespiratórios e de metabolismo energético foi a *Firstbeat*[®] (Smolander et al., 2011). A *Firstbeat*[®] fornece dois modelos de *softwares* para seus usuários, sendo que um deles é voltado para o público *fitness & wellness* e o outro voltado para o esporte de rendimento (*Firstbeat Sports*[®]). O *software Firstbeat Sports*[®] fornece parâmetros de VO₂max, VO₂, GE, excesso de consumo de oxigênio pós-exercício, *training impulse*, oxidação de substratos energéticos e ventilação pulmonar (VE), sendo que o *software* já está na sua versão “4.7”, no entanto, versões anteriores ainda podem ser usadas; estudos científicos, relativamente recentes, tem sido publicados com versões anteriores do *software* (Reid et al., 2013; Vesterinen et al., 2016; Vesterinen et al., 2017; Parak et al., 2017; Wang et al., 2017; Póvoas et al., 2018; Szemerszky et al., 2018). Para melhor entendimento desse método, olhar o apêndice.

As medidas de VO₂max, VO₂ (submáximo/próximo do máximo) e de GE são de suma importância para os atletas de resistência, pois por meio delas se faz a avaliação do condicionamento físico e prescrição das sessões de treinamento (Seiler, 2010; Rabadán et al., 2011). O *software Firstbeat Sports*[®]

fornece essas medidas; os dados obtidos por meio do *software* podem ser analisados de duas maneiras, uma pelo o que se considera como *input* básico de informações no cadastro dos sujeitos no *software* e a outra por meio do que se considera como *input* elaborado de informações no cadastro dos sujeitos no *software*. O *input* elaborado de informações, é uma tentativa de melhorar a estimativa do VO_2 e GE. O *input* básico de informações consiste nas informações de idade, massa corporal, estatura, sexo, hábitos de fumo e nível atividade física. A partir desses parâmetros básicos, o *software* estima a FC de repouso, FC máxima e VO_2 max. O *input* elaborado de informações consiste nas mesmas informações citadas anteriormente, mas, anexando os valores reais de FC de repouso, FC máxima e VO_2 max.

Existem alguns estudos científicos mostrando a validade do equipamento da *Firstbeat*[®] (Smolander et al., 2008; Smolander et al., 2011; Robertson et al., 2015). Smolander et al. (2008) compararam o VO_2 estimado pelo *software Firstbeat Pro*[®] versão 1.4.1 com o estimado pelo método tradicional durante o período de trabalho de carteiros postais, sendo que encontraram boa concordância e correlação entre as medidas. Nesse estudo de Smolander et al. (2008), não foi feita a comparação com a mensuração considerada padrão-ouro (*i.e.*, calorimetria indireta de circuito aberto), o maior valor de VO_2 reportado no estudo foi média de 12,2 ml/kg/min e não foi reportado o VO_2 max dos sujeitos.

Em trabalho subsequente, Smolander et al. (2011), compararam o VO_2 estimado pelo *software Firstbeat Pro*[®] versão 2.1.0.3 com o mensurado por um analisador de gases expirados durante diversas atividades da vida diária, que variou desde atividades de baixa intensidade, como deitar, sentar, ficar em pé, ler, digitar e caminhar, á atividades vigorosas, como correr, pedalar e subir

escada. Nesse estudo, chegou-se à conclusão que o valor estimado pelo *software* da *Firstbeat*[®] apresenta boa concordância e correlação geral, mas não permite análises precisas. No estudo, o maior valor de VO_2 reportado foi média de 35 ml/kg/min e não foi reportado o VO_{2max} dos sujeitos.

Dentre os estudos encontrados na literatura científica que se propuseram a analisar a concordância e correlação dos valores estimados pelo *software* da *Firstbeat*[®] (Smolander et al., 2008; Smolander et al., 2011; Robertson et al., 2015), apenas um analisou o VO_{2max} (Robertson et al., 2015). Robertson et al. (2015) chegaram à conclusão que o *software Firstbeat Sports*[®] apresenta boa concordância e correlação para estimar o VO_{2max} , mas, a correlação foi moderada, não apresentaram a figura de *Bland-Altman* para inspeção visual da dispersão dos dados, o maior valor reportado de VO_{2max} foi média de 46 ml/kg/min e não informaram a versão do *software* utilizado.

No estudo de Robertson et al. (2015), eles mostraram que o *software Firstbeat Sports*[®] apresenta boa concordância e correlação para estimar o GE durante uma caminhada leve e durante um esforço físico vigoroso. Nesse estudo, também mostraram que a utilização do *input* elaborado de informações no cadastro do sujeito no *software* melhora as estimativas de GE.

Outro método indireto que se utiliza da medida da FC para estimar VO_2 é a equação do índice da FC (Wicks et al., 2011), que se dá pela seguinte equação “ $6 \times (FC \text{ atividade}/FC \text{ repouso}) - 5$ ” e o resultado de VO_2 é expresso em METs (Wicks & Oldridge, 2016). Essa equação foi desenvolvida por meio de um agregado de dados já publicados, ou seja, os autores não fizeram um estudo de campo para coletar dados. Essa equação tem um atrativo, pois o cálculo é simples e ela é independente do tipo de exercício realizado, intensidade de

esforço, sexo, idade, massa corporal, condicionamento físico e drogas que afetam a FC, mas, os autores da equação salientam que é importante determinar a FC de repouso com exatidão e rigor, pois essa medida é capaz de alterar o valor predito (Wicks et al., 2011; Wicks & Oldridge, 2016).

Esco et al. (2012) analisaram a estimativa do $VO_2\text{max}$ da equação do índice da FC em homens com média de $VO_2\text{max}$ de 45 ml/kg/min e encontraram baixa correlação e concordância, sendo que os limites de concordância foram grandes. Nesse estudo, a FC de repouso foi medida por meio de um eletrocardiograma por dez minutos e feito a média dos valores registrados no último minuto, sendo que os sujeitos permaneceram deitados na posição supina. Assim como Esco et al. (2012), Haller et al. (2013) também encontraram baixa correlação e concordância para a estimativa do $VO_2\text{max}$ com a equação do índice da FC em homens com média de $VO_2\text{max}$ de 54 ml/kg/min. No estudo de Haller et al. (2013), a FC de repouso foi medida por meio de um monitor cardíaco por dez minutos na posição sentada, sendo feita média dos valores registrados entre os minutos sete e nove.

Esco et al. (2014a), analisaram se a equação do índice da FC era acurada para acompanhar alterações no $VO_2\text{max}$ de jogadoras de futebol após oito semanas de treinamento de resistência. As jogadoras melhoraram o $VO_2\text{max}$ de 43 para 46 ml/kg/min (valores expressos em média), no entanto, a equação apresentou baixa concordância e correlação para detectar essa alteração. Nesse estudo, a FC de repouso foi medida por meio de um monitor cardíaco por cinco minutos antes do teste incremental máximo com os sujeitos deitados na posição supina, sendo considerado como FC de repouso o menor valor registrado no último minuto.

Colosio et al. (2018), analisaram se a equação do índice da FC era acurada para estimar VO_2 submáximo e VO_{2max} de jogadores de rugby. Nesse estudo, chegaram à conclusão que a equação é acurada o suficiente para fazer as estimativas propostas. Colosio et al. (2018) utilizaram o mesmo método que Haller et al. (2013) para coleta da FC de repouso.

Como visto pela revisão de literatura apresentada, dos três estudos encontrados na literatura científica que analisaram a acurácia do *software* da *Firstbeat*[®] (Smolander et al., 2008; Smolander et al., 2011; Robertson et al., 2015), apenas um utilizou o *software Firstbeat Sports*[®] (Robertson et al., 2015), sendo que este estudo não reportou a versão do *software* utilizado. Destaca-se também, que nenhum desses três estudos analisaram altos valores de VO_{2max} e/ou VO_2 ou utilizaram atletas de resistência em sua amostragem.

A revisão de literatura apresentada, apontou apenas um estudo a favor da acurácia da equação do índice da FC (Colosio et al., 2018), sendo que estudos prévios mostraram a equação como não sendo acurada (Esco et al., 2012; Haller et al., 2013; Esco et al., 2014a), portanto, considera-se como imprecisa a conclusão sobre a acurácia da equação, necessitando de mais estudos. Destaca-se também, que nenhum dos estudos levantados na revisão de literatura analisaram altos valores de VO_{2max} e/ou VO_2 ou utilizaram atletas de resistência em sua amostragem.

A revista “*ACSM ’ s Health & Fitness Journal*”, que é uma revista oficial do *American College of Sports Medicine*, publicou uma pesquisa de tendências no mundo do *Fitness* para 2019, sendo que as tecnologias vestíveis (*i.g.* monitores cardíacos) e medidas de resultados (*i.g.* equações de predição) apareceram na 1ª e 16ª posições, respectivamente, numa lista de 20 posições (Thompson,

2018). Estima-se que a indústria do *Fitness* tenha tido rendimento de 1,5-2,6 bilhões de dólares em 2017 com as tecnologias vestíveis (Sperlich & Holmberg, 2017), no entanto, uma problemática surge, visto que muitas dessas tecnologias não passaram pelos critérios de validação, levando a um questionamento ético e moral, pois os equipamentos que se utilizam dessas tecnologias foram lançados no mercado sem a devida validação científica ou foram lançados mesmo sabendo dos erros apresentados (Sperlich & Holmberg, 2017). Algumas marcas famosas de monitores cardíacos não passaram pelo critério de acurácia, como por exemplo a *Polar*[®] para estimar VO₂max (Esco et al., 2011; Marocolo et al., 2012; Esco et al., 2014b) e a *Samsung*[®], *Apple*[®] e *Garmin*[®] para estimar GE (Wallen et al., 2016; Wahl et al., 2017).

Assim, destaca-se a importância deste estudo, visto a necessidade de se testar os equipamentos/ferramentas lançados no meio *Fitness* (Sperlich & Holmberg, 2017).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Analisar a acurácia do *software Firstbeat Sports*[®] versão 4.6.0.3 para estimar VO_2 e GE e da equação do índice da FC para estimar VO_2 em sujeitos com alta aptidão cardiopulmonar durante um teste incremental máximo em esteira rolante.

2.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos foram: a) analisar a acurácia do *software Firstbeat Sports*[®] versão 4.6.0.3 e da equação do índice da FC para estimar VO_{2max} e VO_2 no LV e PCR; b) analisar a acurácia do *software Firstbeat Sports*[®] versão 4.6.0.3 e da equação do índice da FC para estimar VO_2 ao longo de um teste incremental máximo; c) analisar a acurácia do *software Firstbeat Sports*[®] versão 4.6.0.3 para estimar GE ao longo de um teste incremental máximo; d) comparar as estimativas feitas pelo *software Firstbeat Sports*[®] versão 4.6.0.3 com diferentes tipos de *inputs* de informações no cadastro dos sujeitos no *software*.

3. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

O conhecimento relativo a acurácia do *software Firstbeat Sports*[®] e da equação do índice da FC para fazer estimativas de $VO_2\text{max}$, bem como VO_2 e GE em esforços físicos de resistência, é de grande valia para os profissionais da área da saúde que trabalham com avaliação física e prescrição de exercícios físicos para melhoria do condicionamento físico de resistência. Pois por meio dessas análises, pode-se fazer a adequada avaliação física e prescrição dos exercícios físicos.

4. HIPÓTESES DO ESTUDO

Visto a revisão de literatura apresentada, foram levantadas as seguintes hipóteses: a) tanto o *software* da *Firstbeat*[®] quanto a equação do índice da FC não são acurados para fazer estimativas de altos valores de VO₂max; b) tanto o *software* da *Firstbeat*[®] quanto a equação do índice da FC não são acurados para fazer estimativas de VO₂ submáximo e próximos do máximo; c) que o *software* da *Firstbeat*[®] não seja acurado para fazer estimativas de GE e apresente o mesmo comportamento encontrado para as estimativas de VO₂ fornecidas pelo mesmo; d) que haja diferenças entre os valores estimados por meio dos diferentes *inputs* de informações no cadastro dos sujeitos no *software* da *Firstbeat*[®].

5. MÉTODOS

5.1. Procedimentos

O delineamento deste estudo foi considerado como observacional transversal. Os sujeitos que participaram deste estudo realizaram uma visita ao laboratório de pesquisa da UNIMEP Campus Taquaral. Esta visita foi destinada para medir a FC de repouso e realizar um teste incremental máximo em esteira rolante. A temperatura ambiente e a humidade relativa do ar no laboratório foram mantidas entre 22-24°C e 40-60%, respectivamente.

Foi solicitado aos sujeitos que não realizassem exercícios físicos vigorosos, não consumissem nenhum tipo de estimulante (álcool, refrigerantes, cafeína, etc) e que mantivessem seus hábitos dietéticos nas 24 horas que antecederesse a visita ao laboratório. Também foi solicitado jejum de uma hora, exceto água, antes da medida da FC de repouso. Os procedimentos deste estudo foram realizados no período diurno das 08:00 às 11:00h para a medida da FC de repouso e das 09:00 às 18:00h para realizar o teste incremental máximo, sendo que a medida da FC de repouso acontecia antes do teste incremental máximo.

5.2. Sujeitos

Participaram deste estudo 18 homens hígidos (massa corporal: 66,44 [62,55-70,33] kg; estatura: 174,61 [171,64-177,58] cm; idade: 34,89 [30,83-38,95] anos). Os sujeitos foram triados por meio de entrevista e análise do $VO_2\max$. Os sujeitos foram classificados como altamente treinados por meio do $VO_2\max$ (De Pauw et al., 2013). Os sujeitos eram não tabagistas, livres de doenças, não utilizavam nenhum medicamento, realizavam treinamento regular

de corrida (anos de treino: 5 [2,63-7,37] anos; frequência semanal de treino: 6 [5,73-6,27] treinos/sem; horas de treino na semana: 8 [6,84-9,16] horas/sem) e eram considerados baixo risco para eventos cardiovasculares em exercícios físicos vigorosos de acordo com as diretrizes do *American College of Sports Medicine* (*American College of Sports Medicine*, 2018). Os sujeitos responderam a um questionário de histórico da saúde (anamnese) antes dos procedimentos deste estudo para descartar quaisquer contraindicações para a realização do mesmo. Após a explicação do projeto, os sujeitos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa via “Plataforma Brasil” sob o parecer de nº 950.277 (Anexo I).

O cálculo amostral foi feito por meio do menor valor de tamanho do efeito f encontrado para a interação condição e tempo do $\dot{V}O_2$ ao longo do teste incremental máximo com o *software* da *Firstbeat*[®]. Foi utilizado o *software* G*Power 3.1.9.2 (Faul et al., 2007) com a configuração de tamanho do efeito f 1,30, α 0,05, power (1- β) 0,80, família de teste F (Anova medidas repetidas dentro-entre fatores), correlação entre medidas 0,5, correção de não esfericidade 1, dois grupos e nove medidas. Foi sugerido quatro sujeitos no total.

5.3. Medida da FC de repouso

A medida da FC de repouso foi realizada por meio da análise dos intervalos R-R (iR-R) de repouso. A gravação do iR-R foi obtida por meio do monitor cardíaco *Polar*[®] *RS800 CX* (ver Figura 1), e realizada em laboratório com baixa luminosidade e com ausência de ruídos. A cinta do monitor cardíaco ficava presa no tórax próximo ao processo xifoide. Os sujeitos permaneceram em posição supina durante 10 minutos para gravação dos iR-R. Antes do início da

coleta dos dados, os sujeitos receberam instrução verbal para manterem a respiração espontânea, evitar cruzar as pernas e realizar movimento bruscos (Task Force, 1996) (ver Figura 2). Posteriormente os dados foram exportados para uma planilha do Excel e salvos em arquivos txt, sendo importados para o *software Kubios HRV* versão 3.0 (Tarvainen, 2014) para mensuração dos dados, onde foram selecionados os cinco minutos (média) de melhor estabilização com 256 pontos consecutivos, como recomendado pelo *Task Force* (1996).



Figura 1. Figura ilustrativa do monitor cardíaco (*Polar® RS800 CX*) utilizado para coleta da FC de repouso.



Figura 2. Ilustra o procedimento adotado para coleta da FC de repouso.

5.4. Teste incremental máximo

O teste foi realizado numa esteira rolante (*Movement*[®] RT 250) e a progressão de carga foi realizada conforme descrito por Cotin et al. (2007) (ver Figura 3). O teste começou com aquecimento com carga leve (quantificado pela percepção subjetiva de esforço) por 10 minutos, logo em seguida, iniciou-se a progressão de carga. Iniciou-se com carga de 8 km/h por 1 minuto, a seguir, foram realizados aumentos de carga de 0,5 km/h a cada minuto até a exaustão. Foi mantida inclinação da esteira em 1% durante todo o teste.

A medida do VO_2 , produção de dióxido de carbono (VCO_2) e ventilação pulmonar (VE) foram determinadas de forma direta, respiração por respiração, por meio de analisador de gases expirados (*Medical Graphics*[®] VO2000) (ver Figura 4). Antes de cada teste foi realizada a calibração automática do analisador de gases expirados. A medida da FC foi realizada por meio de monitor cardíaco (*Firstbeat*[®]). A aquisição dos dados cardiorrespiratórios foi feita por meio do

software Breeze Suite versão 6.2. Os dados foram analisados por meio de médias móveis de 20 segundos.

O teste foi considerado como máximo por meio de três dos seguintes critérios (Cotin et al. 2007; Cunha et al., 2016): (a) exaustão voluntária máxima, definido como atingindo 10 na escala de *Borg CR-10*; (b) atingir 90% da FC máxima predita ou apresentar platô, sendo este definido como variação ≤ 4 bpm entre duas cargas de trabalho consecutivas; (c) platô do VO_2 , sendo definido como variação $< 2,1$ ml/kg/min entre duas cargas de trabalho consecutivas; (d) valor da razão das trocas gasosas > 1 .

O VO_2max foi considerado como o maior valor de VO_2 atingido no teste. O LV e o PCR foram determinados por meio da análise dos equivalentes ventilatórios para o VO_2 (VE/VO_2) e VCO_2 (VE/VCO_2), sendo o LV considerado o momento onde há o aumento sistemático do VE/VO_2 com manutenção do VE/VCO_2 , e o PCR considerado o momento onde há o aumento sistemático do VE/VCO_2 junto com o segundo aumento abrupto do VE/VO_2 . Adicionalmente, foram analisadas as figuras V-slope do VCO_2 vs VO_2 e VE vs VCO_2 para ajudar a determinar o LV e PCR, respectivamente (Binder et al., 2008). Os limiares ventilatórios foram determinados por dois avaliadores independentes, e se houvesse discordância entre eles, um terceiro avaliador era solicitado.

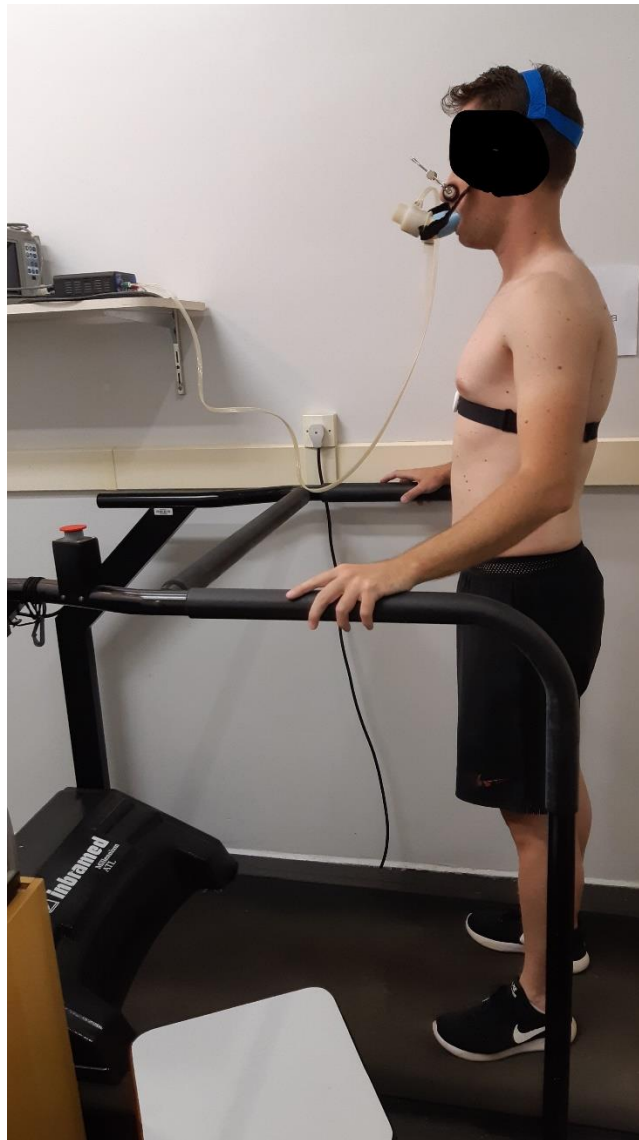


Figura 3. Ilustra o procedimento adotado para realização do teste incremental máximo.



Figura 4. Mostra o analisador de gases expirados (*Medical Graphics*[®] VO2000) utilizado no teste incremental máximo.

5.5. Aquisição dos dados por meio do software da *Firstbeat*[®] e da equação do índice da FC

Os sujeitos realizaram o teste incremental máximo usando a cinta do monitor cardíaco da *Firstbeat*[®] presa no tórax próximo ao processo xifoide, sendo que a medida da FC era transmitida via *wireless* para um computador que ficava próximo a esteira. No computador, estava instalado o software *Firstbeat Sports*[®] versão 4.6.0.3 onde podia-se ver em tempo real a medida da FC e das estimativas de VO_2 . Os dados foram salvos no computador e analisados por médias móveis de 20 segundos para que se pudesse fazer correspondência com os dados obtidos pelo analisador de gases expirados (ver Figura 5).

Os dados obtidos por meio do software da *Firstbeat*[®] foram analisados de duas maneiras, uma pelo *input* básico de informações no cadastro dos sujeitos no software e a outra por meio do *input* elaborado de informações no cadastro

dos sujeitos no *software*. O *input* elaborado de informações, é uma tentativa de melhorar a estimativa do VO_2 e GE. O *input* básico de informações consistia em pôr as informações de idade, massa corporal, estatura, sexo, hábitos de fumo e nível atividade física, sendo que esta última é uma classificação própria do *software*. A partir desses parâmetros básicos, o *software* estimava a FC de repouso, FC máxima e VO_{2max} . O *input* elaborado de informações consistia em pôr as mesmas informações citadas anteriormente, mas, anexando os valores reais de FC de repouso, FC máxima e VO_{2max} . Foram utilizados 17 sujeitos para a análise da acurácia do *software* da *Firstbeat*[®] com o *input* elaborado de informações, devido à perda dos dados de um sujeito ao longo do estudo.

As medidas de METs geradas pela equação do índice da FC foram calculadas a partir dos dados da FC de repouso (ver tópico “4.3”) e dos dados de FC obtidos durante o teste incremental máximo por meio do *software* da *Firstbeat*[®]. A equação do índice da FC se deu pela seguinte equação “6 x (FC atividade/FC repouso) - 5” (Wicks et al., 2011; Wicks & Oldridge, 2016).

Os dados obtidos por meio do *software* da *Firstbeat*[®] e da equação do índice da FC foram analisados durante o teste incremental máximo nos momentos em que aconteceram o VO_{2max} , PCR e LV. Também foram analisados ao longo do teste incremental máximo por meio de percentuais do tempo efetivo do teste.

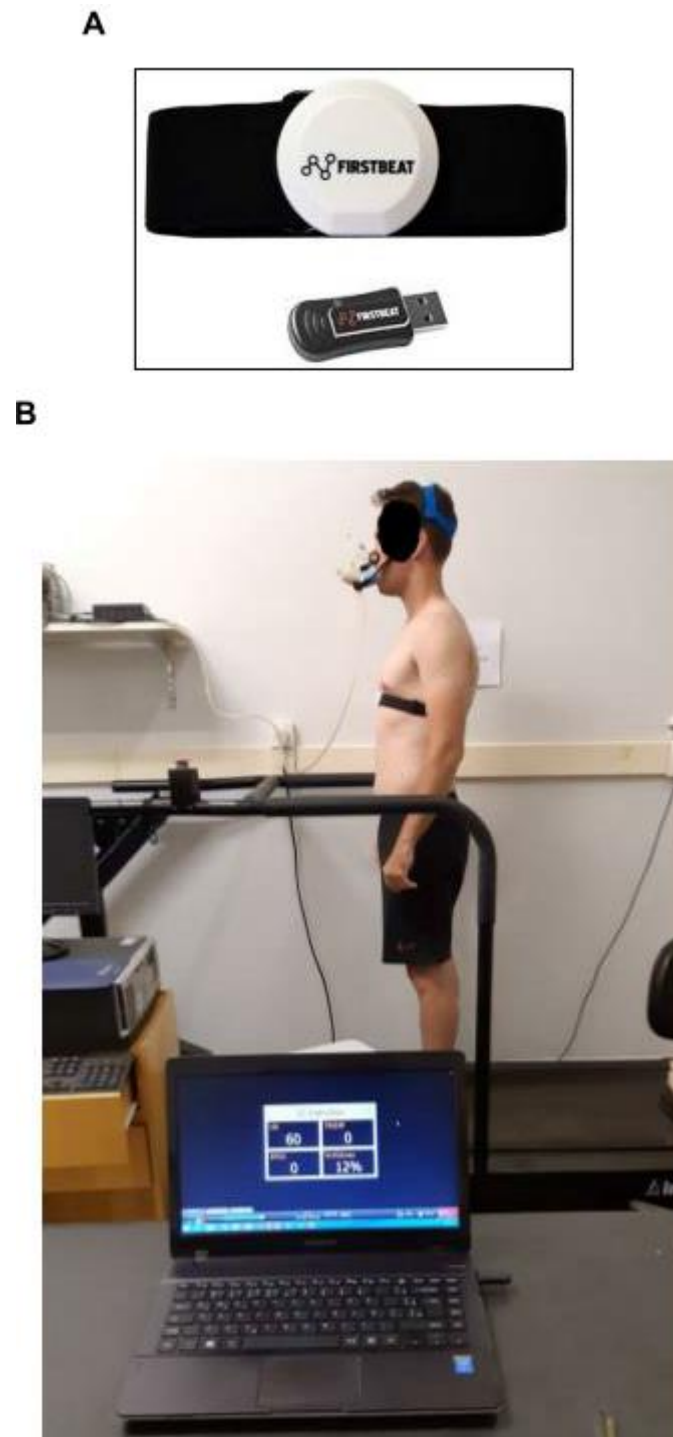


Figura 5. Ilustra o procedimento para coleta dos dados por meio do *software* da *Firstbeat*[®] durante o teste incremental máximo. Figura A mostra a cinta do monitor cardíaco e o receptor *wireless*. Figura B mostra o computador onde os dados foram captados e armazenados e o sujeito posicionado para realização do teste.

5.6. Análise estatística

A normalidade e homogeneidade dos dados foram testadas por meio dos testes de *Shapiro-Wilk* e *Levene*, respectivamente. Os dados estão apresentados como média e 95% de intervalo de confiança (IC), exceto quando indicado de outra maneira. As comparações das medidas obtidas no VO₂max, PCR e LV foram feitas por meio do *Test T* pareado. As comparações das variáveis ao longo dos percentuais do tempo efetivo do teste foram feitas por meio da ANOVA two-way medidas repetidas (condição x tempo). O pressuposto de esfericidade foi testado por meio do teste de *Mauchly*. Quando a esfericidade foi violada, foi utilizada a correção de *Greenhouse–Geisser*. Em adição, o tamanho do efeito foi analisado usando o eta parcial ao quadrado (η^2_p) e interpretado como < 0,06; 0,06-0,14 e > 0,14 indicando efeito pequeno, moderado e grande, respectivamente (Lakens, 2013). Foi utilizado o *Post Hoc* teste de *Bonferroni*. Foi calculado o tamanho do efeito de *Cohen (d)* por meio do agrupamento dos desvios-padrões com 90% do IC e interpretado como 0,2-0,5; 0,5-0,8 e > 0,8 indicando efeito pequeno, moderado e grande, respectivamente (Lakens, 2013).

Foi realizada a análise de correlação de *Pearson (r)* e interpretado como 0,00-0,3; 0,3-0,5; 0,5-0,7; 0,7-0,9 e 0,9-1,0 indicando correlação negligenciável, baixa, moderada, alta e muito alta, respectivamente (Mukaka, 2012). Foi calculado o coeficiente de correlação intraclass para a consistência (ICCc) e concordância absoluta (ICCCA) com 95% de IC, sendo interpretado como < 0,60; 0,60-0,75; 0,75-0,90; > 0,90 indicando ICC baixo, moderado, bom e excelente, respectivamente (Wahl et al., 2017). Foi realizada a análise de concordância de

Bland-Altman com 95% de limite de concordância (diferença vs média) (Hirakata & Camey, 2009).

Todos os dados foram processados no *software SPSS-22.0* (IBM® Corp., Armonk, NY, USA). Foi adotado nível de significância estatística de 5%. As figuras foram elaboradas no *software GraphPad Prism* versão 6.01 para Windows (GraphPad® Software, La Jolla, CA, USA).

6. RESULTADOS

6.1. Resultado do teste incremental máximo.

Na tabela 1 estão apresentados os dados descritivos do teste incremental máximo.

Tabela 1. Dados descritivos do teste incremental máximo (Média e 95% IC).

VO ₂ max (ml/kg/min)	73,03 (68,71 - 77,35)
FCmax (bpm)	192 (188 - 196)
VO ₂ PCR (ml/kg/min)	62,09 (58,14 - 66,04)
FCPCR (bpm)	184 (179 - 188)
VO ₂ PCR%VO ₂ max	85,15 (81,93 - 88,37)
FCPCR%FCmax	96,45 (95,47 - 97,43)
VO ₂ LV (ml/kg/min)	48,17 (44,85 - 51,49)
FCLV (bpm)	165 (160 - 170)
VO ₂ LV%VO ₂ max	66,02 (62,92 - 69,12)
FCLV%FCmax	86,35 (84,62 - 88,08)

VO₂max: consumo máximo de oxigênio; PCR: ponto de compensação respiratória; LV: limiar ventilatório; VO₂: consumo de oxigênio; FC: frequência cardíaca; FCmax: frequência cardíaca máxima; VO₂PCR: consumo de oxigênio no ponto de compensação respiratória; VO₂LV: consumo de oxigênio no limiar ventilatório; FCPCR: frequência cardíaca no ponto de compensação respiratória; FCLV: frequência cardíaca no limiar ventilatório; %VO₂max: valor percentual em relação ao consumo máximo de oxigênio; %FCmax: valor percentual em relação a frequência cardíaca máxima.

Na tabela 2 está apresentada a classificação da intensidade de esforço ao longo dos percentuais do tempo efetivo de teste de acordo com o *American College of Sports Medicine* (Garber et al., 2011).

Tabela 2. Mostra a classificação da intensidade de esforço ao longo dos percentuais do tempo efetivo de teste de acordo com o *American College of Sports Medicine*.

%	%VO ₂ max	Classificação
10	50,26 (48 – 53)	Moderado
20	55,00 (52 – 58)	Moderado
30	60,05 (58 – 62)	Moderado
40	64,79 (61 – 68)	Transição Moderado/Vigoroso
50	70,24 (67 – 73)	Vigoroso
60	76,95 (74 – 80)	Vigoroso
70	80,88 (77 – 85)	Vigoroso
80	88,14 (86 – 90)	Vigoroso
90	93,09 (91 – 95)	Próximo do Máximo

%; percentual do tempo efetivo do teste; %VO₂max: valor percentual em relação ao consumo máximo de oxigênio.

6.2. Comparação do VO₂max e VO₂ no PCR e LV mensurado pelo analisador de gases expirados versus o estimado pelo software da *Firstbeat*[®].

A tabela 3 mostra a comparação do VO₂max e VO₂ no PCR e LV mensurado pelo analisador de gases expirados versus o estimado pelo software da *Firstbeat*[®] com os *inputs* de informações básicas e elaboradas.

Tabela 3. Mostra a comparação do VO₂max e VO₂ no PCR e LV mensurado pelo analisador de gases expirados versus o estimado pelo software da *Firstbeat*[®] com os *inputs* de informações básicas e elaboradas.

	Média (VO ₂)	<i>d</i>	<i>r</i>	ICCc	ICCca	Bland-Altman		
						Viés	LIC	LSC
LV								
MS ^a	48,17 (45 – 51)							
ES ^a	41,45** (39 – 44)	1,20 (0,58 – 1,77)	0,70 (0,34 – 0,88)	0,63 (0,25 – 0,84)	0,37 (-0,11 – 0,73)	6,72	-2,70	16,13
MS ^b	48,88 (46 – 52)							
ES ^b	57,38** (54 – 61)	- 1,24 (-1,83 - -0,50)	0,85 (0,63 – 0,94)	0,84 (0,61 – 0,94)	0,48 (-0,8 – 0,83)	-8,50	-16,13	-0,86
PCR								
MS ^a	62,09 (58 – 66)							
ES ^a	48,21** (46 – 50)	2,20 (1,46 – 2,84)	0,01 (-0,46 – 0,48)	0,10 (-0,44 – 0,46)	0,00 (-0,10 – 0,20)	13,89	-3,55	31,33
MS ^b	62,66 (59 – 67)							
ES ^b	65,82** (62 – 70)	- 0,41 (-0,97 – 0,17)	0,79 (0,50 – 0,92)	0,79 (0,51 – 0,92)	0,74 (0,34 – 0,90)	-3,15	-12,92	6,61
VO₂max								
MS ^a	73,03 (69 – 77)							
ES ^a	50,60** (49 – 53)	3,31 (2,40 – 4,07)	0,22 (-0,27 – 0,62)	0,17 (-0,30 – 0,58)	0,02 (-0,04 – 0,17)	22,46	5,31	39,61
MS ^b	73,84 (70 – 78)							
ES ^b	71,11** (67 – 75)	0,34 (-0,24 – 0,90)	0,98** (0,94 – 0,99)	0,98 (0,94 – 0,99)	0,93 (0,11 – 0,98)	2,73	-0,59	6,05

VO₂: consumo de oxigênio; VO₂max: consumo máximo de oxigênio; PCR: ponto de compensação respiratória; LV: limiar ventilatório; MS: valor mensurado pelo analisador de gases expirados; ES: valor estimado pelo software da *Firstbeat*[®]; a: valor estimado pelo software da *Firstbeat*[®] por meio do *input* básico de informações; b: valor estimado pelo software da *Firstbeat*[®] por meio do *input* elaborado de informações. *d*: tamanho do efeito de *Cohen*; *r*: correlação de *Pearson*; ICCc: coeficiente de correlação intraclassas para consistência; ICCca: coeficiente de correlação intraclassas para concordância absoluta; LIC: limite inferior de concordância; LSC: limite superior de concordância. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$. Os valores VO₂ estão em ml/kg/min.

A figura 6 mostra as análises de *Bland-Altman* dos dados apresentados na tabela 3 para inspeção visual da dispersão dos dados.

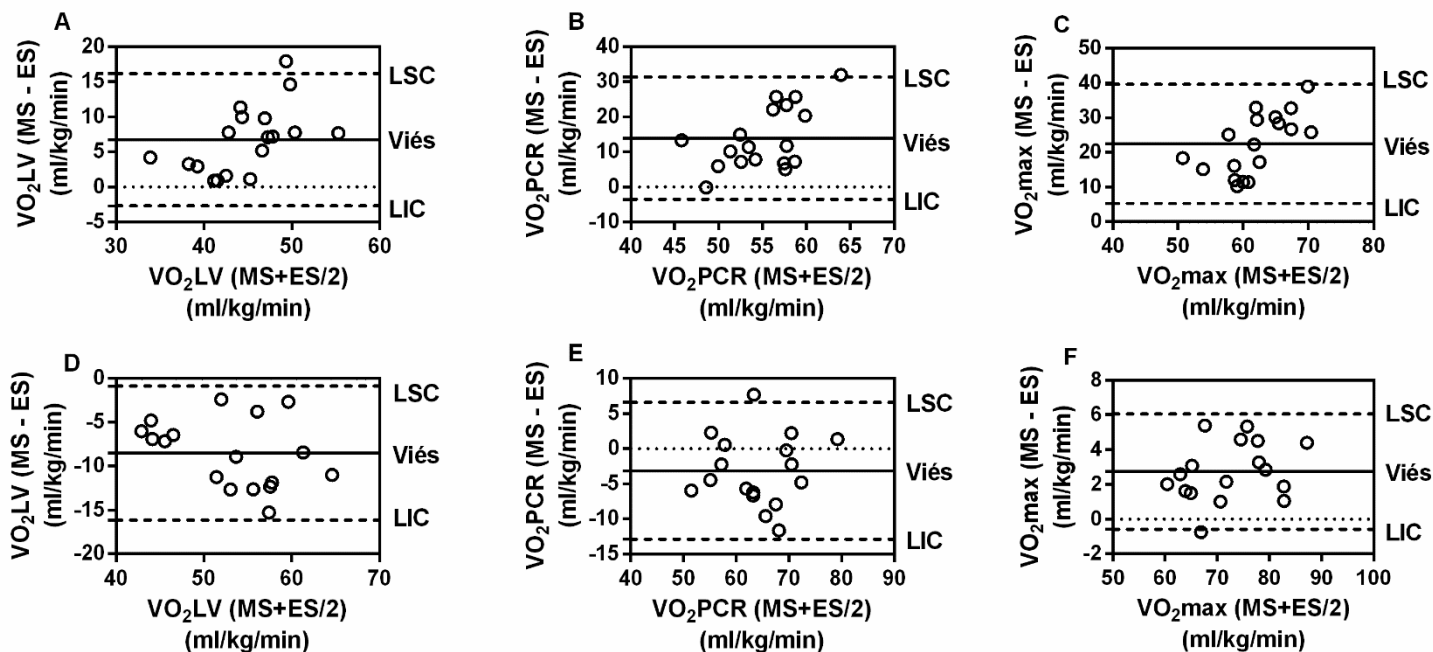


Figura 6. As figuras A, B e C mostram as análises de *Bland-Altman* dos dados apresentados na tabela 3 com os *inputs* de informações básicas obtidos pelo *software da Firstbeat®*, já, as figuras D, E e F mostram a mesma análise, mas com os *inputs* de informações elaboradas. VO_2 : consumo de oxigênio; VO_2max : consumo máximo de oxigênio; PCR: ponto de compensação respiratória; LV: limiar ventilatório; LIC: limite inferior de concordância; LSC: limite superior de concordância; MS: mensurado pelo analisador gases expirados; ES: estimado pelo *software da Firstbeat®*.

6.3. Comparação do VO₂ mensurado pelo analisador de gases expirados versus o estimado pelo software da *Firstbeat*[®] ao longo do teste incremental máximo.

A tabela 4 mostra a comparação do VO₂ mensurado pelo analisador de gases expirados versus o estimado pelo software da *Firstbeat*[®] ao longo do teste incremental máximo por meio dos percentuais do tempo efetivo do teste com os *inputs* de informações básicas e elaboradas. Houve efeito significativo para a condição ($F_{(1,000; 17,000)} = 52,350$; $p = 0,00$; $\eta^2_p = 0,755$), tempo ($F_{(2,799; 47,579)} = 269,223$; $p = 0,00$; $\eta^2_p = 0,941$) e interação condição-tempo ($F_{(2,918; 49,600)} = 50,754$; $p = 0,00$; $\eta^2_p = 0,749$) para as comparações com os *inputs* de informações básicas. Houve efeito significativo para a condição ($F_{(1,000; 16,000)} = 51,312$; $p = 0,00$; $\eta^2_p = 0,762$), tempo ($F_{(2,114; 33,817)} = 243,933$; $p = 0,00$; $\eta^2_p = 0,938$) e interação condição-tempo ($F_{(4,161; 66,570)} = 27,015$; $p = 0,00$; $\eta^2_p = 0,628$) para as comparações com os *inputs* de informações elaboradas.

Tabela 4. Mostra a comparação do VO₂ mensurado pelo analisador de gases expirados versus o estimado pelo *software* da *Firstbeat*[®] com os *inputs* de informações básicas e elaboradas ao longo dos percentuais do tempo efetivo de teste do teste incremental máximo.

%	Média (VO ₂)	<i>d</i>	<i>r</i>	ICCc	ICCca	<i>Bland-Altman</i>		
						Viés	LIC	LSC
10%								
MS ^a	36,48 (34 - 38)							
ES ^a	35,36 (33 - 37)	0,28 (-0,27 - 0,83)	0,51* (0,06 - 0,79)	0,50 (0,06 - 0,78)	0,49 (0,07 - 0,77)	1,12	-6,59	8,84
MS ^b	36,88 (35 - 38)							
ES ^b	48,54** (45 - 52)	-2,18 (-2,84 - -1,43)	0,58* (0,14 - 0,83)	0,45 (-0,02 - 0,75)	0,13 (-0,07 - 0,46)	-11,66	-22,62	-0,69
20%								
MS ^a	39,88 (38 - 41)							
ES ^a	37,25** (35 - 39)	0,72 (0,13 - 1,26)	0,44 (-0,03 - 0,75)	0,44 (-0,02 - 0,74)	0,35 (-0,05 - 0,68)	2,62	-4,99	10,26
MS ^b	40,00 (38 - 41)							
ES ^b	51,23** (48 - 54)	-2,25 (-2,91 - -1,48)	0,68** (0,30 - 0,87)	0,61 (0,19 - 0,83)	0,17 (-0,06 - 0,54)	-11,23	-19,89	-2,58
30%								
MS ^a	43,61 (41 - 45)							
ES ^a	38,82** (37 - 40)	1,31 (0,68 - 1,89)	0,24 (-0,24 - 0,64)	0,24 (-0,23 - 0,63)	0,13 (-0,12 - 0,46)	4,78	-3,96	13,53
MS ^b	44,09 (42 - 45)							
ES ^b	53,44** (50 - 56)	-1,96 (-2,59 - -1,23)	0,65** (0,25 - 0,86)	0,55 (0,11 - 0,81)	0,19 (-0,08 - 0,56)	-9,34	-18,21	-0,48
40%								
MS ^a	46,97 (44 - 49)							
ES ^a	40,42** (38 - 42)	1,73 (1,05 - 2,33)	0,21 (-0,28 - 0,61)	0,20 (-0,27 - 0,60)	0,08 (-0,10 - 0,37)	6,54	-2,80	15,89
MS ^b	47,34 (45 - 49)							
ES ^b	55,80** (52 - 58)	-1,69 (-2,30 - -0,99)	0,43 (-0,05 - 0,75)	0,40 (-0,08 - 0,73)	0,16 (-0,10 - 0,51)	-8,45	-19,19	2,28
50%								
MS ^a	50,96 (48 - 53)							
ES ^a	42,51** (40 - 44)	2,25 (1,51 - 2,90)	0,32 (-0,17 - 0,68)	0,31 (-0,16 - 0,67)	0,09 (-0,07 - 0,36)	8,44	-0,16	17,05
MS ^b	51,51 (49 - 53)							
ES ^b	58,29** (55 - 61)	-1,32 (-1,90 - -0,66)	0,59* (0,15 - 0,83)	0,50 (0,04 - 0,78)	0,27 (-0,11 - 0,64)	-6,78	-16,86	3,28
60%								
MS ^a	55,94 (53 - 58)							
ES ^a	44,43** (42 - 46)	2,62 (1,82 - 3,30)	0,14 (-0,34 - 0,57)	0,13 (-0,34 - 0,55)	0,03 (-0,06 - 0,21)	11,52	0,19	22,84
MS ^b	56,26 (53 - 58)							
ES ^b	60,60** (57 - 63)	-0,73 (-1,30 - -0,13)	0,81** (0,55 - 0,93)	0,79 (0,51 - 0,92)	0,63 (-0,03 - 0,87)	-4,33	-11,77	3,10
70%								
MS ^a	58,84 (55 - 62)							
ES ^a	46,44**	2,03	0,09	0,08	0,02	12,40	-3,83	28,62

MS ^b	(44 - 48) 59,22 (55 - 63)	(1,32 - 2,66)	(-0,38 - 0,54)	(-0,39 - 0,51)	(-0,09 - 0,25)			
ES ^b	63,00* (59 - 66)	-0,53 (-1,09 - 0,06)	0,65** (0,24 - 0,86)	0,64 (0,24 - 0,85)	0,57 (0,12 - 0,82)	-3,78	-15,62	8,05
80%								
MS ^a	64,29 (60 - 67)							
ES ^a	49,22** (47 - 51)	2,52 (1,74 - 3,19)	0,03 (-0,43 - 0,49)	0,35 (-0,42 - 0,48)	0,00 (-0,07 - 0,17)	15,07	-1,20	31,35
MS ^b	64,85 (61 - 68)							
ES ^b	66,65 (62 - 70)	-0,25 (-0,81 - 0,32)	0,86** (0,66 - 0,95)	0,86 (0,67 - 0,95)	0,84 (0,61 - 0,94)	-1,79	-9,04	5,45
90%								
MS ^a	67,95 (63 - 71)							
ES ^a	50,32** (48 - 52)	2,78 (1,96 - 3,48)	0,11 (-0,36 - 0,55)	0,09 (-0,37 - 0,52)	0,02 (-0,05 - 0,17)	17,63	0,92	34,32
MS ^b	68,76 (64 - 72)							
ES ^b	69,56 (65 - 73)	-0,11 (-0,67 - 0,46)	0,88** (0,71 - 0,95)	0,88 (0,71 - 0,95)	0,88 (0,72 - 0,95)	-0,79	-7,82	6,23

VO₂: consumo de oxigênio; MS: valor mensurado pelo analisador de gases expirados; ES: valor estimado pelo software da *Firstbeat*[®]; a: valor estimado pelo software da *Firstbeat*[®] por meio do *input* básico de informações; b: valor estimado pelo software da *Firstbeat*[®] por meio do *input* elaborado de informações; %: percentual do tempo efetivo do teste. *d*: tamanho do efeito de *Cohen*; *r*: correlação de *Pearson*; ICCc: coeficiente de correlação intraclassas para consistência; ICCa: coeficiente de correlação intraclassas para concordância absoluta; LIC: limite inferior de concordância; LSC: limite superior de concordância. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$. Os valores de VO₂ estão em ml/kg/min.

As figuras 7 e 8 mostram as análises de *Bland-Altman* dos dados apresentados na tabela 4 para inspeção visual da dispersão dos dados.

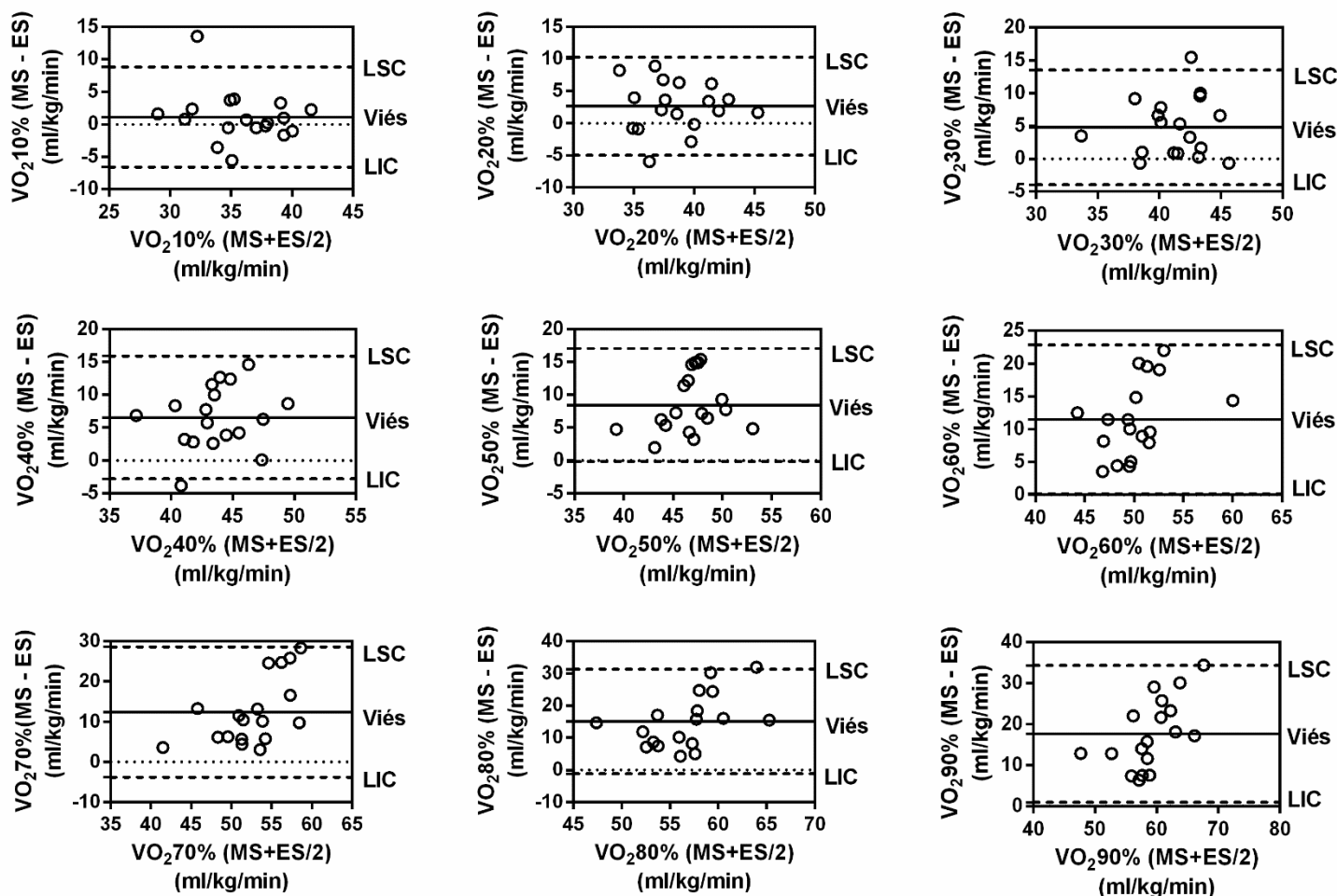


Figura 7. Mostra as análises de *Bland-Altman* dos dados estimados pelo software da *Firstbeat*[®] vs o mensurado pelo analisador de gases expirados apresentados na tabela 4 com os *inputs* básicos de informações. VO_2 : consumo de oxigênio; LIC: limite inferior de concordância; LSC: limite superior de concordância; MS: mensurado pelo analisador de gases expirados; ES: estimado pelo software da *Firstbeat*[®].

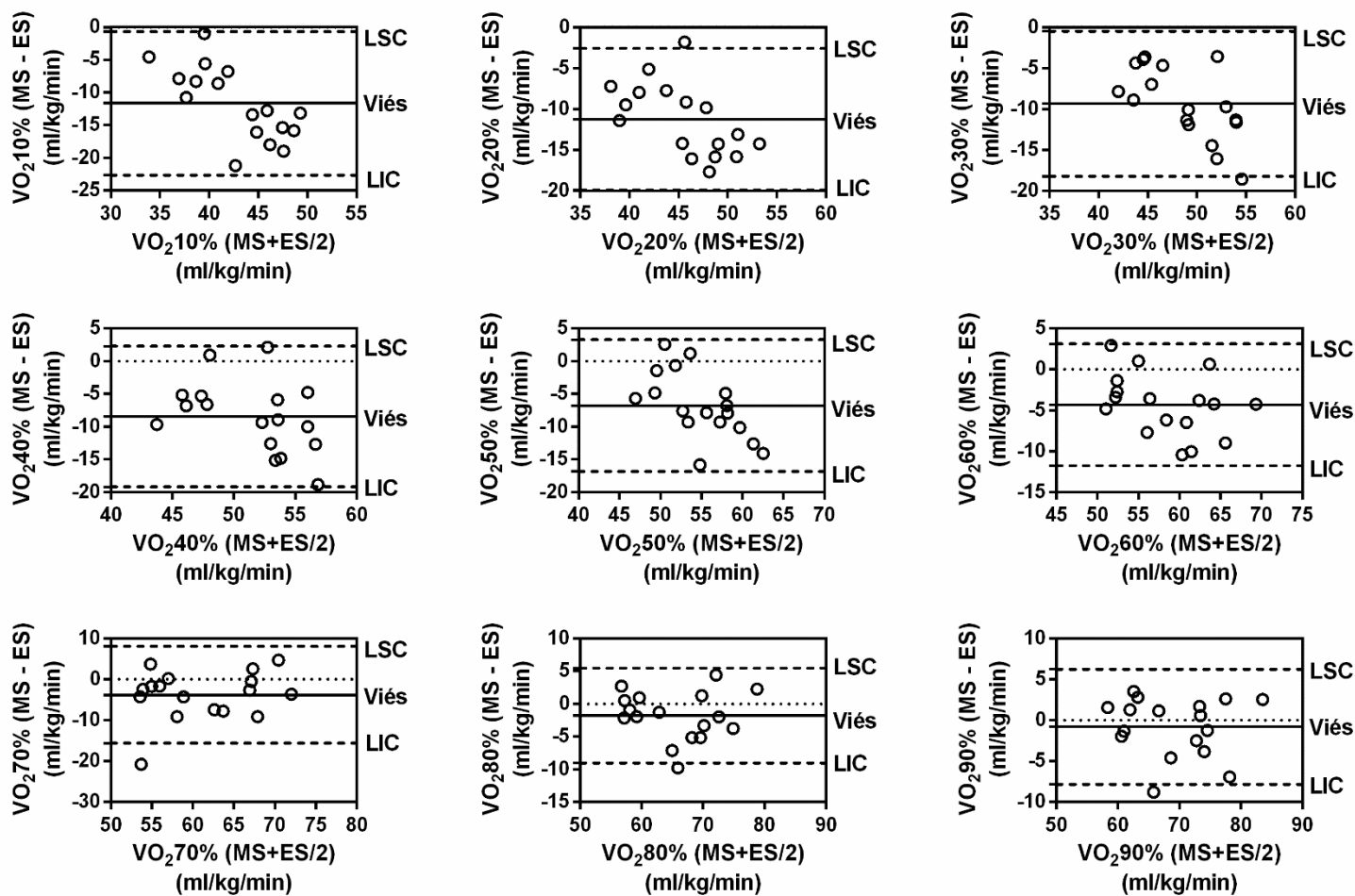


Figura 8. Mostra as análises de *Bland-Altman* dos dados estimados pelo *software* da *Firstbeat*[®] vs o mensurado pelo analisador de gases expirados apresentados na tabela 4 com os *inputs* elaborados de informações. VO₂: consumo de oxigênio; LIC: limite inferior de concordância; LSC: limite superior de concordância; MS: mensurado pelo analisador de gases expirados; ES: estimado pelo *software* da *Firstbeat*[®].

6.4. Comparação do GE mensurado pelo analisador de gases expirados versus o estimado pelo *software* da *Firstbeat*[®] ao longo do teste incremental máximo.

A tabela 5 mostra a comparação do GE mensurado pelo analisador de gases expirados versus o estimado pelo *software* da *Firstbeat*[®] ao longo do teste incremental máximo por meio dos percentuais do tempo efetivo do teste com os *inputs* de informações básicas e elaboradas. Houve efeito significativo para a condição ($F_{(1,000; 17,000)} = 58,422$; $p = 0,00$; $\eta^2_p = 0,775$), tempo ($F_{(2,888; 49,094)} = 353,643$; $p = 0,00$; $\eta^2_p = 0,954$) e interação condição-tempo ($F_{(3,484; 59,225)} = 63,756$; $p = 0,00$; $\eta^2_p = 0,789$) para as comparações com os *inputs* de informações básicas. Houve efeito significativo para a condição ($F_{(1,000; 16,000)} = 58,992$; $p = 0,00$; $\eta^2_p = 0,787$), tempo ($F_{(2,292; 36,673)} = 300,320$; $p = 0,00$; $\eta^2_p = 0,949$) e interação condição-tempo ($F_{(4,228; 67,649)} = 33,409$; $p = 0,00$; $\eta^2_p = 0,676$) para as comparações com os *inputs* de informações elaboradas.

Tabela 5. Mostra a comparação do GE mensurado pelo analisador de gases expirados versus o estimado pelo *software* da *Firstbeat*[®] com os *inputs* de informações básicas e elaboradas ao longo dos percentuais do tempo efetivo de teste do teste incremental máximo.

%	Média (GE)	<i>d</i>	<i>r</i>	ICCc	ICCca	<i>Bland-Altman</i>		
						Viés	LIC	LSC
10%								
MS ^a	11,73 (11 - 12)							
ES ^a	11,51 (10 - 12)	0,15 (-0,40 - 0,70)	0,68** (0,32 - 0,87)	0,61 (0,22 - 0,83)	0,62 (0,24 - 0,84)	0,21	-2,19	2,62
MS ^b	11,71 (11 - 12)							
ES ^b	15,53** (14 - 16)	-2,43 (-3,10 - -1,63)	0,55* (0,09 - 0,81)	0,47 (0,00 - 0,76)	0,12 (-0,06 - 0,43)	-3,81	-6,98	-0,64
20%								
MS ^a	12,87 (12 - 13)							
ES ^a	12,15* (11 - 12)	0,50 (-0,07 - 1,04)	0,61** (0,21 - 0,84)	0,61 (0,22 - 0,80)	0,56 (0,14 - 0,80)	0,72	-1,78	3,23
MS ^b	12,73 (12 - 13)							
ES ^b	16,47** (15 - 17)	-2,54 (-3,24 - -1,73)	0,65** (0,25 - 0,86)	0,64 (0,24 - 0,85)	0,15 (-0,04 - 0,50)	-3,73	-6,17	-1,29
30%								
MS ^a	14,07 (13 - 14)							
ES ^a	12,69** (11 - 13)	1,04 (0,44 - 1,60)	0,50* (0,05 - 0,78)	0,46 (0,00 - 0,75)	0,30 (-0,10 - 0,65)	1,37	-1,32	4,07
MS ^b	14,05 (13 - 14)							
ES ^b	17,22** (16 - 18)	-2,40 (-3,08 - -1,61)	0,50* (0,03 - 0,79)	0,46 (-0,00 - 0,76)	0,12 (-0,06 - 0,43)	-3,16	-5,85	-0,48
40%								
MS ^a	15,24 (14 - 16)							
ES ^a	13,25** (12 - 14)	1,24 (0,61 - 1,81)	0,60** (0,19 - 0,83)	0,60 (0,21 - 0,83)	0,34 (-0,11 - 0,71)	1,99	-0,80	4,78
MS ^b	15,16 (14 - 15)							
ES ^b	17,99** (17 - 18)	-1,82 (-2,44 - -1,11)	0,51* (0,04 - 0,79)	0,51 (0,05 - 0,79)	0,19 (-0,09 - 0,56)	-2,82	-5,83	0,19
50%								
MS ^a	16,61 (15 - 17)							
ES ^a	13,99** (13 - 14)	1,64 (0,98 - 2,24)	0,68** (0,31 - 0,87)	0,67 (0,31 - 0,86)	0,29 (-0,08 - 0,68)	2,61	0,10	5,13
MS ^b	16,58 (15 - 17)							
ES ^b	18,84** (17 - 19)	-1,42 (-2,01 - -0,76)	0,52* (0,05 - 0,80)	0,51 (0,06 - 0,79)	0,26 (-0,11 - 0,63)	-2,26	-5,33	0,80
60%								
MS ^a	18,27 (17 - 18)							
ES ^a	14,66** (13 - 15)	2,27 (1,52 - 2,92)	0,45 (-0,01 - 0,75)	0,44 (-0,01 - 0,74)	0,12 (-0,07 - 0,44)	3,61	0,32	6,90
MS ^b	18,12 (17 - 18)							
ES ^b	19,61** (18 - 20)	-0,97 (-1,54 - -0,35)	0,68** (0,30 - 0,87)	0,66 (0,28 - 0,86)	0,45 (-0,09 - 0,78)	-1,48	-3,95	0,98
70%								
MS ^a	19,31 (18 - 20)							
ES ^a	15,39**	1,77	0,40	0,40	0,15	3,91	-0,82	8,65

MS ^b	(14 - 16) 19,17	(1,09 - 2,38)	(-0,07 - 0,73)	(-0,06 - 0,72)	(-0,09 - 0,49)			
ES ^b	(17 - 20) 20,43** (19 - 21)	-0,57 (-1,13 - 0,02)	0,72** (0,37 - 0,89)	0,71 (0,37 - 0,88)	0,62 (0,12 - 0,85)	-1,26	-4,50	1,98
80%								
MS ^a	21,11 (20 - 21)							
ES ^a	16,34** (15 - 17)	2,75 (1,93 - 3,45)	0,07 (-0,40 - 0,52)	0,07 (-0,39 - 0,51)	0,01 (-0,05 - 0,17)	4,76	0,15	9,37
MS ^b	21,02 (20 - 21)							
ES ^b	21,80* (20 - 22)	-0,43 (-0,99 - 0,15)	0,74** (0,41 - 0,90)	0,70 (0,36 - 0,88)	0,65 (0,25 - 0,86)	-0,78	-3,51	1,94
90%								
MS ^a	22,35 (21 - 23)							
ES ^a	16,74** (15 - 17)	3,00 (2,14 - 3,72)	0,15 (-0,33 - 0,57)	0,15 (-0,32 - 0,56)	0,02 (-0,04 - 0,18)	5,6	0,83	10,39
MS ^b	22,34 (21 - 23)							
ES ^b	22,75 (21 - 23)	-0,21 (-0,77 - 0,36)	0,75** (0,43 - 0,90)	0,75 (0,43 - 0,90)	0,74 (0,43 - 0,89)	-0,41	-3,13	2,31

GE: gasto energético; MS: valor mensurado pelo analisador de gases expirados; ES: valor estimado pelo *software* da *Firstbeat*[®]; a: valor estimado pelo *software* da *Firstbeat*[®] por meio do *input* básico de informações; b: valor estimado pelo *software* da *Firstbeat*[®] por meio do *input* elaborado de informações; %: percentual do tempo efetivo do teste. *d*: tamanho do efeito de *Cohen*; *r*: correlação de *Pearson*; ICCc: coeficiente de correlação intraclassas para consistência; ICCca: coeficiente de correlação intraclassas para concordância absoluta; LIC: limite inferior de concordância; LSC: limite superior de concordância. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$. Os valores de GE estão em kcal/min.

A figuras 9 e 10 mostram as análises de *Bland-Altman* dos dados apresentados na tabela 5 para inspeção visual da dispersão dos dados.

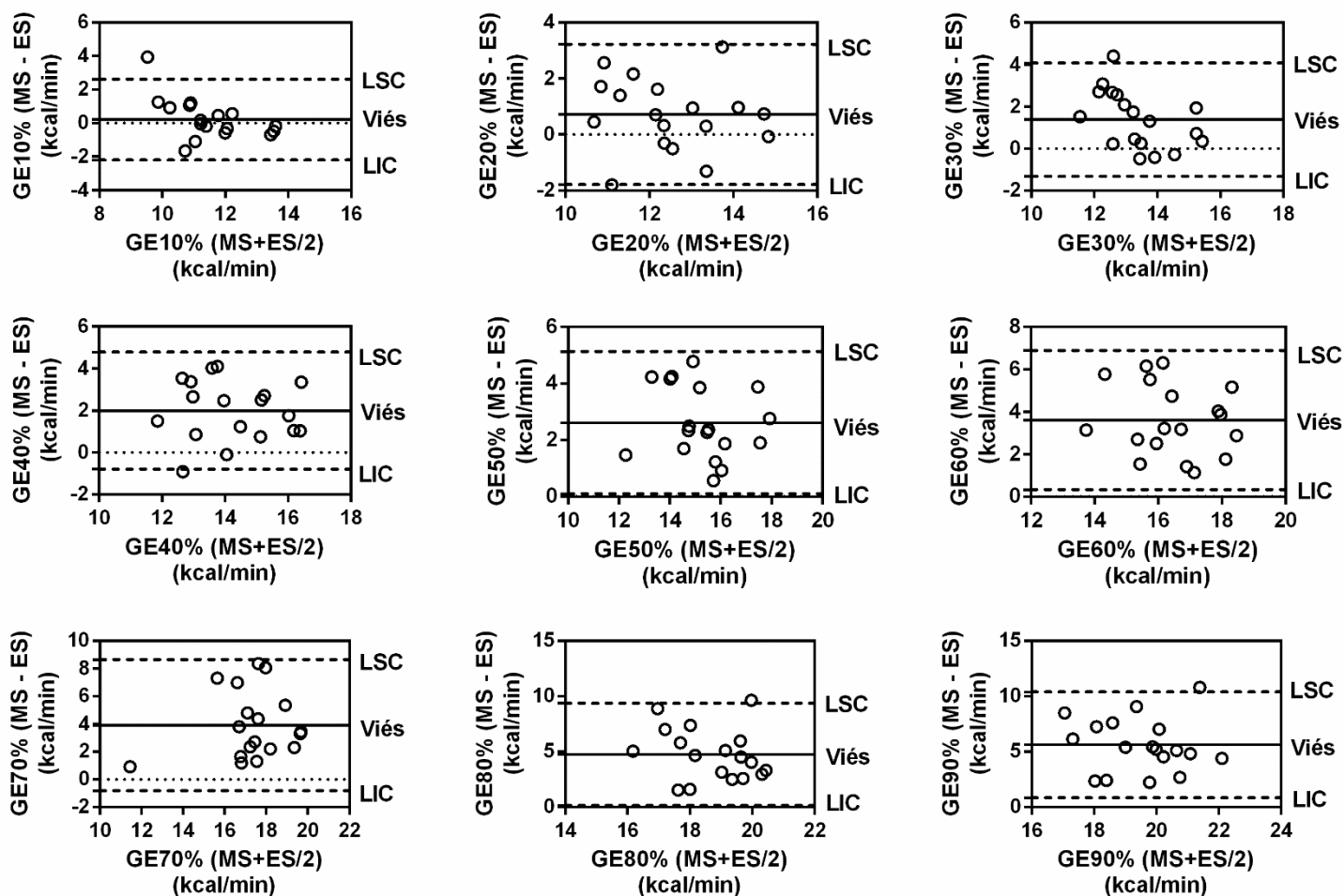


Figura 9. Mostra as análises de *Bland-Altman* dos dados estimados pelo software da *Firstbeat*[®] vs o mensurado pelo analisador de gases expirados apresentados na tabela 5 com os *inputs* básicos de informações. GE: gasto energético; LIC: limite inferior de concordância; LSC: limite superior de concordância; MS: mensurado pelo analisador de gases expirados; ES: estimado pelo software da *Firstbeat*[®].

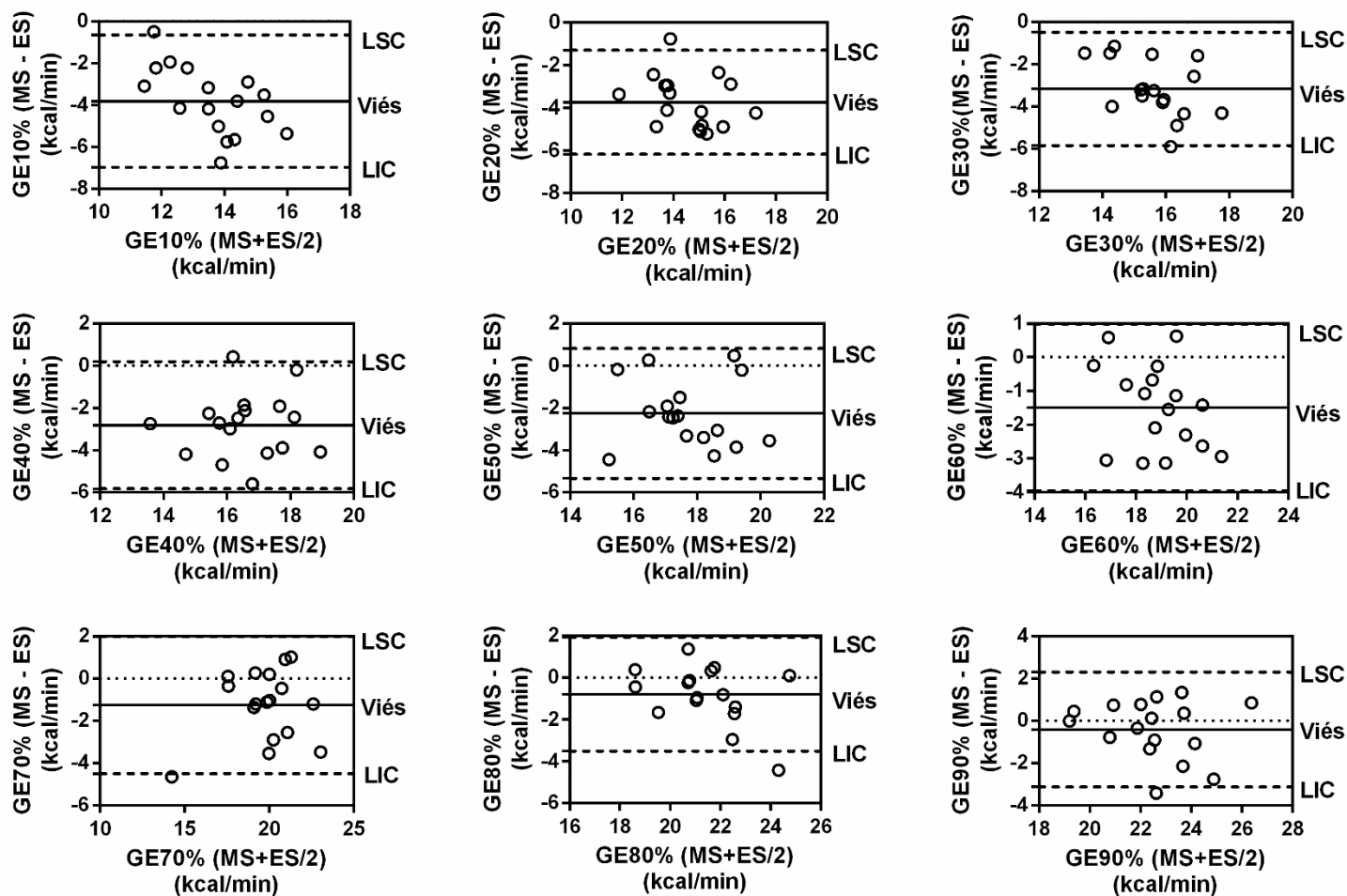


Figura 10. Mostra as análises de *Bland-Altman* dos dados estimados pelo software da *Firstbeat*[®] vs o medido pelo analisador de gases expirados apresentados na tabela 5 com os *inputs* elaborados de informações. GE: gasto energético; LIC: limite inferior de concordância; LSC: limite superior de concordância; MS: medido pelo analisador de gases expirados; ES: estimado pelo software da *Firstbeat*[®].

6.5. Comparação do VO₂max e VO₂ no PCR e LV mensurado pelo analisador de gases expirados versus o estimado pela equação do índice da FC.

A tabela 6 mostra a comparação do VO₂max e VO₂ no PCR e LV mensurado pelo analisador de gases expirados versus o estimado pela equação do índice da FC.

Tabela 6. Mostra a comparação do VO₂max e VO₂ no PCR e LV mensurado pelo analisador de gases expirados versus o estimado pela equação do índice da FC.

	Média (METs)	<i>d</i>	<i>r</i>	ICCc	ICCCA	<i>Bland-Altman</i>		
						Viés	LIC	LSC
LV								
MS	13,76 (12 - 14)							
ES	14,55 (13 - 15)	-0,33 (-0,87 - 0,23)	0,11 (-0,37 - 0,55)	0,10 (-0,36 - 0,53)	0,10 (-0,35 - 0,53)	-0,78	-7,04	5,46
PCR								
MS	17,74 (16 - 18)							
ES	16,85 (15 - 18)	0,32 (-0,24 - 0,87)	0,09 (-0,39 - 0,53)	0,08 (-0,38 - 0,52)	0,08 (-0,38 - 0,52)	0,88	-6,39	8,17
VO₂max								
MS	20,88 (19 - 22)							
ES	17,66** (16 - 19)	1,11 (0,50 - 1,67)	0,28 (-0,21 - 0,66)	0,27 (-0,20 - 0,64)	0,17 (-0,13 - 0,52)	3,21	-3,64	10,07

METs: equivalentes metabólicos; VO₂max: consumo máximo de oxigênio; PCR: ponto de compensação respiratória; LV: limiar ventilatório; MS: valor mensurado pelo analisador de gases expirados; ES: valor estimado pela equação do índice da FC. *d*: tamanho do efeito de *Cohen*; *r*: correlação de *Pearson*; ICCc: coeficiente de correlação intraclassas para consistência; ICCca: coeficiente de correlação intraclassas para concordância absoluta; LIC: limite inferior de concordância; LSC: limite superior de concordância. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

A figura 11 mostra as análises de *Bland-Altman* dos dados apresentados na tabela 6 para inspeção visual da dispersão dos dados.

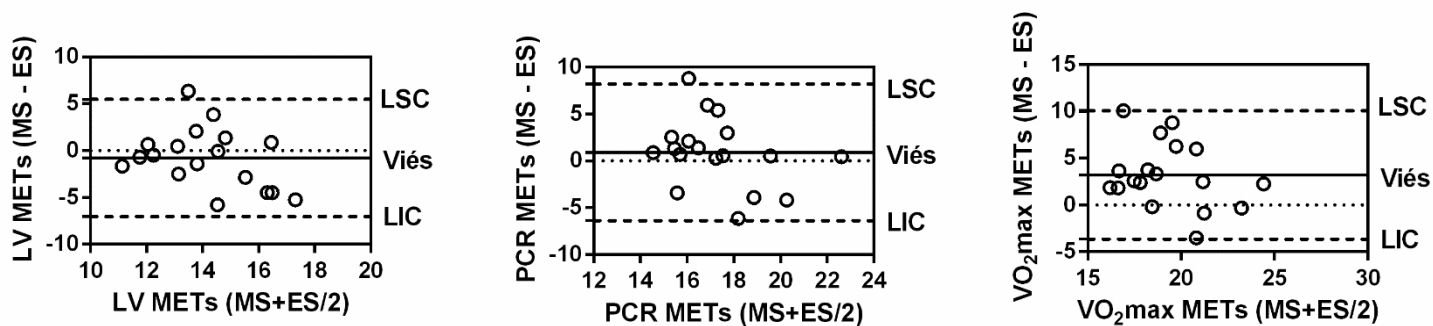


Figura 11. Mostra as análises de *Bland-Altman* dos dados apresentados na tabela 6. METs: equivalentes metabólicos; VO₂max: consumo máximo de oxigênio; PCR: ponto de compensação respiratória; LV: limiar ventilatório; LIC: limite inferior de concordância; LSC: limite superior de concordância; MS: mensurado pelo analisador gases expirados; ES: estimado pela equação do índice da FC.

6.6. Comparação do VO₂ mensurado pelo analisador de gases expirados versus o estimado pela equação do índice da FC ao longo do teste incremental máximo.

A tabela 7 mostra a comparação do VO₂ mensurado pelo analisador de gases expirados versus o estimado pela equação do índice da FC ao longo do teste incremental máximo por meio dos percentuais do tempo efetivo do teste. Não houve efeito significativo para a condição ($F_{(1,000; 17,000)} = 0,070$; $p = 0,79$; $\eta^2_p = 0,004$), mas houve efeito significativo para o tempo ($F_{(2,312; 39,303)} = 277,865$; $p = 0,00$; $\eta^2_p = 0,942$) e interação condição-tempo ($F_{(3,089; 52,506)} = 31,810$; $p = 0,00$; $\eta^2_p = 0,652$).

Tabela 7. Mostra a comparação dos METs mensurado pelo analisador de gases expirados versus o estimado pela equação do índice da FC ao longo dos percentuais do tempo efetivo de teste do teste incremental máximo.

%	Média (METs)	<i>d</i>	<i>r</i>	ICCc	ICCca	Bland-Altman		
						Viés	LIC	LSC
10%								
MS	10,42 (9 - 10)							
ES	12,15* (10 - 13)	-0,87 (-1,42 - -0,28)	0,12 (-0,36 - 0,55)	0,08 (-0,38 - 0,51)	0,06 (-0,25 - 0,44)	-1,72	-6,97	3,52
20%								
MS	11,40 (10 - 11)							
ES	12,79* (11 - 14)	-0,70 (-1,25 - -0,12)	0,05 (-0,41 - 0,51)	0,04 (-0,42 - 0,48)	0,03 (-0,32 - 0,44)	-1,39	-6,79	4,00
30%								
MS	12,46 (11 - 12)							
ES	13,55 (12 - 14)	-0,52 (-1,07 - 0,04)	0,02 (-0,44 - 0,48)	0,01 (-0,44 - 0,46)	0,01 (-0,39 - 0,44)	-1,09	-6,82	4,63
40%								
MS	13,42 (12 - 14)							
ES	14,23 (12 - 15)	-0,38 (-0,92 - 0,18)	-0,11 (-0,55 - 0,36)	-0,08 (-0,52 - 0,38)	-0,08 (-0,51 - 0,38)	-0,81	-6,97	5,35
50%								
MS	14,56 (13 - 15)							
ES	15,08 (13 - 16)	-0,23 (-0,77 - 0,33)	0,15 (-0,33 - 0,58)	0,10 (-0,36 - 0,53)	0,11 (-0,37 - 0,54)	-0,51	-6,48	5,44
60%								
MS	15,98 (15 - 16)							

ES	15,78 (14 - 17)	0,09 (-0,46 - 0,63)	-0,00 (-0,47 - 0,46)	-0,00 (-0,45 - 0,45)	-0,00 (-0,49 - 0,46)	0,20	-6,39	6,80
70%								
MS	16,81 (15 - 17)							
ES	16,38 (14 - 17)	0,16 (-0,40 - 0,70)	0,23 (-0,26 - 0,63)	0,21 (-0,26 - 0,61)	0,22 (-0,27 - 0,62)	0,43	-6,37	7,24
80%								
MS	18,37 (17 - 19)							
ES	17,10 (15 - 18)	0,46 (-0,10 - 1,01)	0,23 (-0,25 - 0,63)	0,21 (-0,26 - 0,61)	0,20 (-0,23 - 0,59)	1,26	-5,44	7,98
90%								
MS	19,41 (18 - 20)							
ES	17,48* (15 - 19)	0,69 (0,11 - 1,24)	0,23 (-0,26 - 0,63)	0,22 (-0,26 - 0,61)	0,18 (-0,19 - 0,55)	1,93	-4,93	8,79

METs: equivalentes metabólicos; MS: valor mensurado pelo analisador de gases expirados; ES: valor estimado pela equação do índice da FC; %: percentual do tempo efetivo do teste. *d*: tamanho do efeito de *Cohen*; *r*: correlação de *Pearson*; ICCc: coeficiente de correlação intraclassas para consistência; ICCca: coeficiente de correlação intraclassas para concordância absoluta; LIC: limite inferior de concordância; LSC: limite superior de concordância. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

A figura 12 mostra as análises de *Bland-Altman* dos dados apresentados na tabela 7 para inspeção visual da dispersão dos dados.

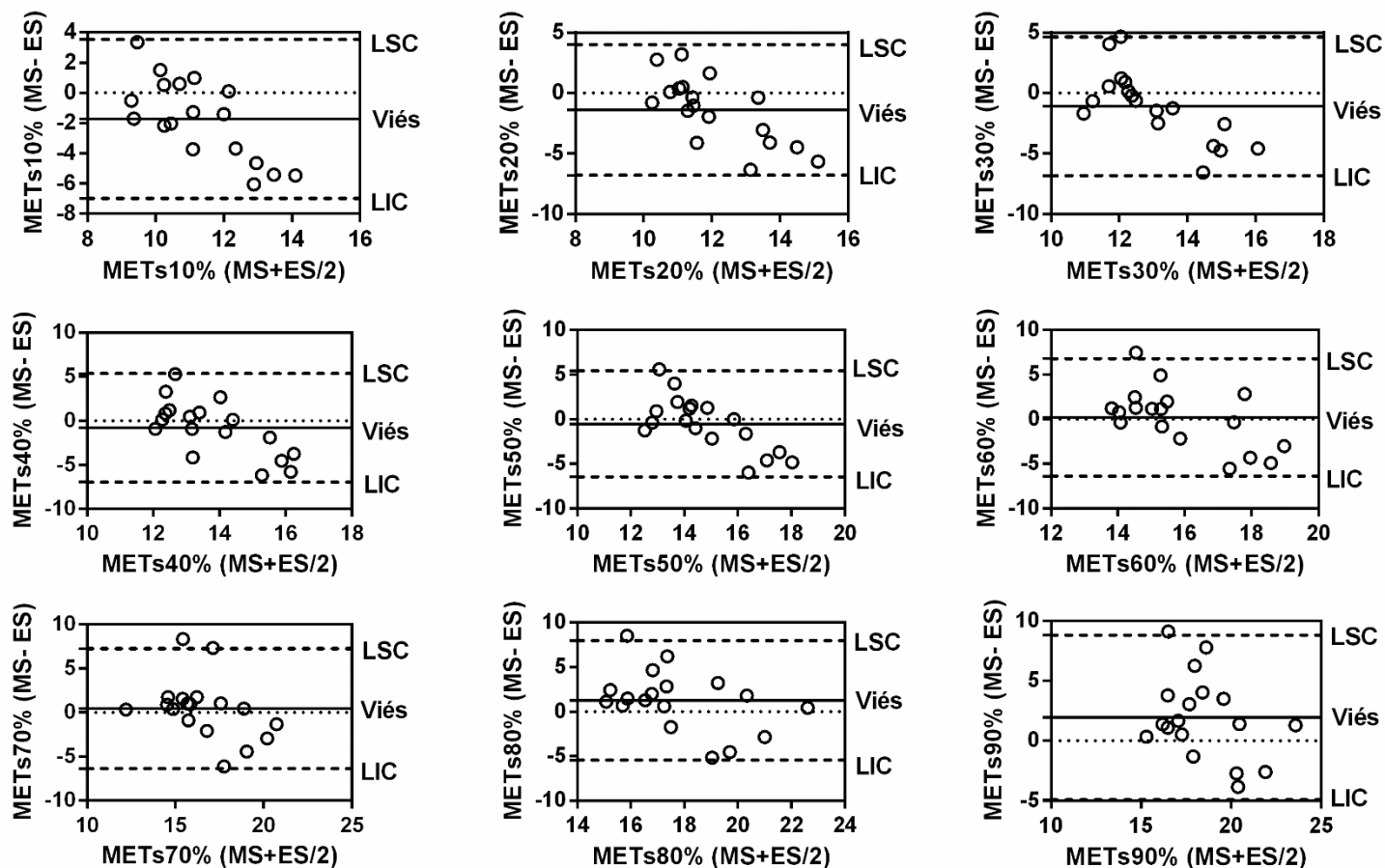


Figura 12. Mostra as análises de *Bland-Altman* dos dados estimados pela equação do índice da FC vs o mensurado pelo analisador de gases expirados apresentados na tabela 7. METs: equivalentes metabólicos; LIC: limite inferior de concordância; LSC: limite superior de concordância; MS: mensurado pelo analisador de gases expirados; ES: estimado pela equação do índice da FC.

7. DISCUSSÃO

Todas as hipóteses levantadas no presente estudo foram confirmadas. Os principais achados do presente estudo podem ser sumariados como: a) o *software* da *Firstbeat*[®] apresentou baixa acurácia para estimar $VO_2\text{max}$, VO_2 no PCR e LV e VO_2 em cargas de trabalho submáxima e próxima do máximo, independente do tipo de *input* de informações utilizado no cadastro dos sujeitos no *software*; b) o *software* da *Firstbeat*[®] apresentou baixa acurácia para estimar GE em cargas de trabalho submáxima e próxima do máximo, independente do tipo de *input* de informações utilizado no cadastro dos sujeitos no *software*; c) a equação do índice da FC apresentou baixa acurácia para estimar $VO_2\text{max}$, VO_2 no PCR e LV e VO_2 em cargas de trabalho submáxima e próxima do máximo.

7.1. $VO_2\text{max}$, PCR e LV

O $VO_2\text{max}$ é uma variável fisiológica importante para os profissionais da área da saúde que trabalham com a prescrição dos exercícios físicos para melhoria da saúde ou do desempenho atlético. Pois, por meio dela pode-se constatar o condicionamento cardiopulmonar atual de um sujeito, e, a partir desta informação estabelecer condutas apropriadas para prescrição dos exercícios físicos (Maud & Foster, 2009; Negrão & Barreto, 2010; Herdy et al., 2016). O *software Firstbeat Sports*[®] versão 4.6.0.3 mostrou-se como uma ferramenta inapropriada para esta finalidade.

O *software* da *Firstbeat*[®], com o *input* básico de informações, apresentou baixo ICCca e o viés da análise de *Bland-Altman* muito grande, sendo que os limites de concordância foram muito grandes, mostrando variação de 44 ml/kg/min na estimativa do $VO_2\text{max}$ (Tabela 3; Figura 6). A correlação para esta

medida foi considerada negligenciável (Tabela 3). O emprego do *input* elaborado de informações para gerar as medidas de $VO_2\text{max}$ melhoraram bastante a concordância e a correlação das medidas, sendo que o ICCca e ICCc foram considerados excelentes (tabela 3), no entanto, a inspeção visual da concordância dos dados por meio da figura de *Bland-Altman* (Figura 6) mostrou variação de ~ 7 ml/kg/min na estimativa e a dispersão dos dados ao longo dos limites de concordância não foi satisfatório, pois os dados não estão aglomerados próximos do marco “0”, desta forma, considera-se que o emprego do *input* elaborado de informações não proporcionou acurácia satisfatória para gerar as medidas de $VO_2\text{max}$.

Robertson et al. (2015) mostraram que o *software Firstbeat Sports*[®] apresenta boa concordância e correlação para estimar o $VO_2\text{max}$, mas, algumas ressalvas devem ser feitas em relação a esse estudo. Nesse estudo, foi reportado média de $VO_2\text{max}$ de 46 ml/kg/min, não mostraram a análise completa de *Bland-Altman*, apenas reportaram o desvio padrão do viés que foi “ ± 2 ”, a correlação foi considerada apenas moderada e não informaram a versão do *software* utilizada. Outro detalhe importante de ser observado, é que eles utilizaram apenas os *inputs* básicos de informações para estimar o $VO_2\text{max}$, sendo utilizado apenas medidas de repouso para que o *software* predissesse o $VO_2\text{max}$, já no presente estudo, utilizamos os valores de VO_2 obtidos durante um teste incremental máximo em esteira rolante e utilizamos ambos *inputs* de informações.

Foi encontrado apenas um estudo na literatura que buscou investigar a acurácia da estimativa de $VO_2\text{max}$ fornecida pelo *software* da *Firstbeat*[®], este estudo foi o de Robertson et al. (2015). A amostra utilizada no estudo de

Robertson et al. (2015) pode ser classificada como “fisicamente ativo” de acordo com a classificação de De Pauw et al. (2013). Sendo assim, o presente estudo é o primeiro a utilizar sujeitos altamente treinados e analisar altos valores de $VO_2\text{max}$.

No presente estudo, foi utilizado o *input* elaborado de informações no cadastro dos sujeitos no *software* da *Firstbeat*[®], sendo que uma destas informações era o $VO_2\text{max}$ real dos sujeitos. E mesmo assim, o *software* não foi capaz de estimar o $VO_2\text{max}$ durante um teste incremental específico para determinar o $VO_2\text{max}$.

Além da *Firstbeat*[®], outras empresas de monitores cardíacos também utilizam a VFC para estimar o $VO_2\text{max}$, é o caso da *Polar*[®] (Marocolo et al., 2012). Esco et al. (2011) analisaram a acurácia do monitor cardíaco da *Polar*[®] modelo F11 e encontraram variação de 39,8 ml/kg/min na estimativa do $VO_2\text{max}$. Marocolo et al. (2012), utilizaram o modelo RS800 do monitor cardíaco da *Polar*[®], e encontram variação de 77 ml/kg/min na estimativa do $VO_2\text{max}$. Esco et al. (2014b) encontraram variação de 21 ml/kg/min na estimativa do $VO_2\text{max}$ com o monitor cardíaco da *Polar*[®] modelo FT40. De acordo com os estudos previamente citados, o monitor cardíaco da *Polar*[®] apresentou variação mínima e máxima de 21 e 77 ml/kg/min, respectivamente, para estimar o $VO_2\text{max}$,

Os resultados do presente estudo para estimativa do $VO_2\text{max}$ com o *software* da *Firstbeat*[®] e os dados reportados na literatura para estimativa do $VO_2\text{max}$ com o monitor cardíaco da *Polar*[®] (Esco et al., 2011; Marocolo et al., 2012; Esco et al., 2014b), sugerem que a VFC não é uma boa variável fisiológica para estimar o $VO_2\text{max}$, mas isto não significa que não exista uma relação entre

VO₂max e VFC de repouso, pois isto já foi demonstrado que existe (Marocolo et al., 2012).

A determinação dos limiares ventilatórios (*i.e.* PCR e LV) são importantes, pois por meio destas variáveis os profissionais da área da saúde que trabalham com a prescrição dos exercícios físicos podem estabelecer o condicionamento físico dos sujeitos e determinar a sobrecarga cardiorrespiratória e a predominância dos substratos energéticos nos exercícios físicos (Maud & Foster, 2009; Negrão & Barreto, 2010; Herdy et al., 2016). O *software Firstbeat Sports*[®] versão 4.6.0.3 mostrou-se como uma ferramenta inapropriada para determinar a demanda de VO₂ nos limiares ventilatórios.

A análise do VO₂ no LV por meio do *software* da *Firstbeat*[®] com o *input* de informações básicas mostrou baixa concordância pois o tamanho da diferença entre as médias foi grande ($d = 1,20$) e o ICCca foi baixo, sendo que a análise de *Bland-Altman* mostrou variação de 18 ml/kg/min na estimativa desta medida (Tabela 3; Figura 6). A correlação para esta medida foi considerada moderada (Tabela 3). A análise do VO₂ no LV por meio do *software* da *Firstbeat*[®] com o *input* de informações elaboradas melhorou a correlação entre as medidas, no entanto, a concordância entre as medidas ainda continuou sendo não satisfatória, mostrando variação de 17 ml/kg/min na estimativa da medida.

A análise do VO₂ no PCR por meio do *software* da *Firstbeat*[®] com o *input* de informações básicas mostrou baixa concordância e correlação entre as medidas, pois o tamanho da diferença entre as médias foi grande ($d = 2,20$) e o ICCca e ICCc foram considerados baixos, sendo que a análise de *Bland-Altman* mostrou variação de 35 ml/kg/min na estimativa desta medida (Tabela 3; Figura 6). A análise do VO₂ no PCR por meio do *software* da *Firstbeat*[®] com o *input* de

informações elaboradas melhorou a correlação entre as medidas, no entanto, a concordância entre as medidas ainda continuou sendo não satisfatória, mostrando variação de 19 ml/kg/min na estimativa da medida.

O presente estudo é o primeiro a analisar a acurácia do *software* da *Firstbeat*[®] para estimar VO_2 nos limiares ventilatórios em sujeitos com alta aptidão cardiopulmonar, sendo que os resultados encontrados não foram satisfatórios, sugerindo que o *software* da *Firstbeat*[®] não é uma ferramenta apropriada para esta finalidade.

Com relação ao uso da equação do índice da FC para estimar VO_{2max} , o presente estudo encontrou baixa concordância e correlação, sendo que o tamanho da diferença entre as médias foi grande ($d = 1,11$) e o ICCca e ICCc foram considerados baixos. A análise de *Bland-Altman* para esta medida mostrou variação de 14 ml/kg/min na estimativa (Tabela 6; Figura 11). Estudos prévios corroboram os achados do presente estudo, mostrando que a equação do índice da FC não é uma boa ferramenta para estimar VO_{2max} (Esco et al., 2012; Haller et al., 2013; Esco et al., 2014a).

Esco et al. (2012) encontraram baixa correlação e variação de 38 ml/kg/min para estimar o VO_{2max} de sujeitos fisicamente ativos. Haller et al. (2013) encontraram baixa correlação e variação de 33 ml/kg/min para estimar o VO_{2max} de sujeitos fisicamente ativos. Esco et al. (2014a) encontraram correlação moderada e variação de 15 ml/kg/min para estimar o VO_{2max} em jogadoras de futebol. Destaca-se que nenhum dos estudos anteriormente citados utilizou amostra de sujeitos com altos valores de VO_{2max} .

Encontrou-se apenas um estudo na literatura científica que reportou boa correlação e concordância na estimativa do $VO_2\text{max}$ com a equação do índice da FC (Colosio et al., 2018). Colosio et al. (2018) reportaram correlação muito alta e variação mínima de 1,29 ml/kg/min na estimativa do $VO_2\text{max}$ com a equação do índice da FC em jogadores de rugby. O resultado deste estudo contrasta com os achados do presente estudo e com os demais citados anteriormente. O $VO_2\text{max}$ dos sujeitos do estudo de Colosio et al. (2018) era de $47,1 \pm 4,3$, valor muito inferior ao do presente estudo (Tabela 1).

No presente estudo, encontrou-se baixa concordância e correlação para estimar VO_2 no PCR e LV com a equação do índice da FC. O ICCca e ICCc foram considerados baixos e os limites de concordância da análise de *Bland-Altman* foram considerados muito grandes para ambas as medidas (Tabela 6; Figura 11). Este estudo, é o primeiro a analisar a acurácia da equação do índice da FC para estimar VO_2 nos limiares ventilatórios em sujeitos com alta aptidão cardiopulmonar, sendo que os resultados encontrados não foram satisfatórios, sugerindo que a equação do índice da FC não é uma ferramenta apropriada para esta finalidade.

Tanto o *software* da *Firstbeat*[®] quanto a equação do índice da FC apresentaram limitações importantes nas estimativas feitas, inviabilizando assim, seu uso na prática do dia a dia dos profissionais da área da saúde que trabalham com a prescrição de exercícios físicos de resistência e também por parte dos profissionais que trabalham com o esporte de rendimento. O *software* da *Firstbeat*[®] apresentou variação de ~44 ml/kg/min na estimativa do $VO_2\text{max}$, sendo que este é um erro muito grosseiro, no entanto, a utilização do *input* elaborado de informações no *software* diminuiu essa variação para ~7 ml/kg/min,

mas, mesmo assim, este é um erro que tem significado clínico muito importante, pois esta variação pode alterar a classificação atual da aptidão cardiopulmonar de um indivíduo e também levar a interpretações imprecisas sobre a efetividade de um programa de treinamento para melhoria do $VO_2\text{max}$. É importante destacar que o *software* da *Firstbeat*[®] apresentou acurácia não satisfatória para estimar o VO_2 no LV e PCR, inviabilizando assim, seu uso para fazer tais medidas que são tão importantes para controle da sobrecarga cardiorrespiratória e participação de metabolismo energético.

A equação do índice da FC é uma ferramenta de grande valia para a prática do dia a dia, pois é uma equação que se utiliza de medidas simples de FC, no entanto, os resultados do presente estudo mostram a falta de acurácia da equação, dificultando assim, seu uso. Este método apresentou variação de ~14 ml/kg/min na estimativa do $VO_2\text{max}$ e apresentou acurácia não satisfatória para estimar o VO_2 no LV e PCR. As implicações desses erros de medias são os mesmos apresentados anteriormente para o *software* da *Firstbeat*[®].

7.2. VO_2 e GE ao longo do teste incremental máximo

Quantificar o VO_2 e o GE durante exercícios físicos de resistência é importante para os profissionais da área da saúde que trabalham com a prescrição de exercícios físicos. Pois por meio dessas medidas pode-se calcular o GE semanal e/ou da sessão de treinamento, sendo que isto tem implicações importantes para controle da massa corporal e organização do treinamento (Haskell et al., 2007; Mcardle et al., 2008; Garber et al., 2011). Já a quantificação do VO_2 nos exercícios físicos de resistência, tem implicações para controle da sobrecarga cardiorrespiratória (Mcardle et al., 2008; Maud & Foster, 2009).

No presente estudo, foi observado que ao longo do teste incremental máximo houve uma ampla variação nas intensidades de esforço, sendo que os percentuais do tempo efetivo de teste de 10,50 e 90% representaram 50, 70 e 93% do VO_2 max, respectivamente (Tabela 2).

A análise da estimativa do VO_2 com o *software Firstbeat Sports*[®] versão 4.6.0.3, ao longo do teste incremental máximo, com o *input* básico de informações, mostrou baixa acurácia para esta finalidade. Com 10% do tempo efetivo de teste, não houve diferença entre as médias e o tamanho da diferença foi pequena (Tabela 4), no entanto, o ICCca foi considerado baixo e a análise de *Bland-Altman* mostrou variação de 15 ml/kg/min na estimativa (Tabela 4; Figura 7), por tanto, considera-se que os dados não concordaram. A correlação para esta medida foi baixa pois o ICCc foi considerado baixo (Tabela 4). Esta análise para os percentuais do tempo efetivo de teste de 50 e 90%, mostrou baixa acurácia, pois os ICCc e ICCca foram considerados baixos e os limites de concordância da análise de *Bland-Altman* foram considerados grandes (Tabela 4; Figura 7).

Houve baixa acurácia para a estimativa do VO_2 ao longo do teste incremental máximo com o *software* da *Firstbeat*[®] utilizando o *input* elaborado de informações (Tabela 4). Com 90% do tempo efetivo de teste, não houve diferença entre as médias e o tamanho da diferença foi pequena e o ICCca e ICCc foram considerados bons (Tabela 4), no entanto, a análise de *Bland-Altman* mostrou variação de 14 ml/kg/min na estimativa e a dispersão dos dados ao longo dos limites de concordância não foram satisfatórios (Tabela 4; Figura 8), por tanto, considera-se que os dados não concordaram. Esta análise para os percentuais do tempo efetivo de teste de 10 e 50%, mostrou baixa acurácia, pois

os ICCc e ICCca foram considerados baixos e os limites de concordância da análise de *Bland-Altman* foram considerados grandes (Tabela 4; Figura 8).

Smolander et al. (2011), utilizando o *software Firstbeat Pro*[®] versão 2.1.0.3, analisaram a estimativa do VO₂ durante 25 atividades da vida diária, que variou desde atividades de baixa intensidade, como deitar, sentar, ficar em pé, ler, digitar e caminhar, á atividades vigorosas, como correr, pedalar e subir escada. Para a análise de correlação dos dados, eles analisaram o aglomerado de todos os momentos de todas as atividades e reportaram correlação muito alta, no entanto, tal conduta de análise pode esconder possíveis análises ruins e valida o *software* apenas para análises gerais e não específicas. Com relação a concordância dos dados, para as atividades que variaram de 3 a 6 METs, os valores foram subestimados de maneira grosseira, sendo que a análise geral de *Bland-Altman*, com todas as 25 atividades, mostrou variação de 14 ml/kg/min na estimativa. Diante desses resultados, os autores concluem que o *software* da *Firstbeat*[®] é bom para análises gerais de uso em campo e não permite análises precisas. Neste estudo foi utilizado o *input* básico de informações no cadastro dos sujeitos no *software* e não reportaram o VO₂max dos sujeitos.

A partir dos resultados encontrados para a estimativa de VO₂ ao longo do teste incremental máximo por meio do *software* da *Firstbeat*[®] (Tabela 4; Figura 7, Figura 8), tanto com o *input* básico e elaborado de informações no cadastro dos sujeitos no *software*, pode-se dizer que o mesmo não é uma ferramenta adequada para fazer estimativas de VO₂ em esforços físicos de resistência submáximo e/ou próximos do máximo em sujeitos com alta aptidão cardiopulmonar.

Os resultados encontrados para as estimativas de GE por meio do *software Firstbeat Sports*[®] versão 4.6.0.3 ao longo do teste incremental máximo não foram satisfatórios (Tabela 5; Figura 9; Figura 10), independente do tipo de *input* de informações no cadastro dos sujeitos no *software*. O comportamento das estimativas de GE ao longo do teste incremental, por meio do *software* da *Firstbeat*[®], foram as mesmas encontradas para as estimativas de VO₂, confirmando uma de nossas hipóteses. Essa é uma predição óbvia de ser feita, pois o GE é tradicionalmente calculado a partir das medidas de VO₂ (McCardle et al., 2008), no entanto, essa hipótese tinha que ser confirmada.

Robertson et al. (2015) analisaram a acurácia do *software Firstbeat Sports*[®] para estimar GE numa caminhada em baixa intensidade de esforço (20-39% da FC de reserva) e durante o estágio correspondente ao VO₂max de um teste incremental máximo. Neste estudo foi usado os *inputs* básicos e elaborados no cadastro dos sujeitos no *software*. Para a estimativa do GE na caminhada, foi encontrado correlação moderada e alta para os *inputs* básicos e elaborados, respectivamente, e não houve diferença nas médias, independente da condição analisada. Já para a estimativa do GE no estágio correspondente ao VO₂max, foi encontrado correlação alta e muito alta para os *inputs* básicos e elaborados, respectivamente, e não houve diferença nas médias, independente da condição analisada. Neste estudo, não é mostrada a análise de *Bland-Altman* para uma análise mais completa dos resultados, e também não informam qual é a versão utilizada do *software*.

Os resultados de GE do estudo de Robertson et al. (2015) diferem dos encontrados no presente estudo, evidenciando assim, a necessidade de mais estudos sobre a temática.

A equação do índice da FC apresentou baixa acurácia para estimar o VO_2 ao longo de todos os percentuais do tempo efetivo de teste do teste incremental máximo, sendo que isto pode ser evidenciado pelas análises dos ICCca, ICCc e limites de concordância de *Bland-Altman* (Tabela 7; Figura 12). Nos percentuais de 10,50 e 90% do tempo efetivo do teste incremental máximo, os ICCca e ICCc foram considerados baixos, e a análise de *Bland-Altman* mostrou variação nos limites de concordância de 10, 12 e 14 ml/kg/min para os percentuais de 10, 50 e 90%, respectivamente (Tabela 7; Figura 12).

Os resultados do presente estudo em relação a acurácia da equação do índice da FC para estimar VO_2 ao longo do teste incremental máximo não corroboram com os achados de Colosio et al. (2018). Colosio et al. (2018) mostraram correlação muito alta e variação mínima de 2,89 ml/kg/min para a estimativa de VO_2 com a equação ao longo de um teste incremental máximo. É difícil explicar o porquê desta divergência de resultados, portanto, considera-se como imprecisa a conclusão sobre a acurácia da equação, necessitando de mais estudos.

Limitações importantes foram observadas nas estimativas de VO_2 e GE por meio do *software* da *Firstbeat*[®] ao longo do teste incremental máximo. Essas limitações a falta de acurácia do *software* em fazer tais estimativas em esforços submáximos de resistência em sujeitos com alta aptidão cardiopulmonar. Um exemplo dessa limitação foi a medida de VO_2 e GE a 50% do tempo efetivo do teste incremental máximo, que representa ~70% do VO_{2max} . Nesta intensidade de esforço que representa ~70% do VO_{2max} houve um erro de medida de VO_2 de 8,44 ml/kg/min e GE de 2,61 kcal/min, sendo o tamanho da diferença (d) foi considerado grande para ambas as medidas, levando a um erro de estimativa

muito grosseira. Destaca-se que o emprego do *input* elaborado de informações não melhorou as estimativas.

Também foi observado limitações importantes acerca da acurácia da equação do índice da FC para fazer as estimativas de METs ao longo do teste incremental máximo. Foi observado uma inconsistência das medidas ao longo do teste, evidenciando assim, baixa acurácia do método para estimar VO e GE por meio dos METs em esforços de resistência submáxima em sujeitos com alta aptidão cardiopulmonar. A ~70% do VO_2max , existe uma variação de ~12 METs que representa variação de VO_2 de ~41 ml/kg/min, sendo que estas variações são muito grosseiras para serem consideradas aceitáveis. Este erro de mediada apresentado, acontece ao longo de todo o teste sem um padrão consistente, mostrando a ineficiência do método.

O presente estudo apresenta algumas limitações. Foi utilizado uma amostra específica de sujeitos homens com alta aptidão cardiopulmonar (classificação nº 4 de acordo com De Pauw et al. [2013]), portanto, os resultados do presente estudo não podem ser generalizados para outras classificações de aptidão cardiopulmonar e nem para mulheres. O estudo foi realizado dentro de um laboratório climatizado e numa esteira rolante, neste sentido, não se pode generalizar os resultados para outras condições de esforços físicos. No presente estudo, foi utilizado o *software Firstbeat Sports*® versão 4.6.0.3, sendo que este *software* já está na sua versão 4.7, portanto, não se pode generalizar os resultados encontrados, pois a versão mais recente do *software* pode ter corrigido os erros encontrados.

8. APLICAÇÃO PRÁTICA

O presente estudo traz informações pertinentes sobre a acurácia dos métodos expostos para os profissionais da área da saúde, para atletas e para os entusiastas do *Fitness*. Neste trabalho, foi exposto os erros de medidas para as estimativas de VO_2 max e VO_2 submáximo do *software Firstbeat Sports*[®] versão 4.6.0.3 e da equação do índice da FC, portanto, futuros usuários desses métodos devem ficar atentos a erros de medidas grosseiros, pois eles existem. Outro aspecto importante dos resultados encontrados foi mostrar que o *software Firstbeat Sports*[®] versão 4.6.0.3 e a equação do índice da FC não substituem um analisador de gases expirados.

Tanto o *software Firstbeat Sports*[®] versão 4.6.0.3 quanto a equação do índice da FC mostraram erros grosseiros na estimativa do GE, indicando assim, que os métodos não têm valor clínico, portanto, os profissionais da área da saúde, atletas e entusiastas do *Fitness*, devem ter ciência que esses métodos não substituem um analisador de gases expirados.

Por fim, os resultados encontrados servem de parâmetros para melhoria dos métodos por parte de seus desenvolvedores.

9. CONCLUSÕES

Com relação ao *software* da *Firstbeat*[®], pode-se concluir que não apresentou acurácia satisfatória para estimar VO_{2max} e nem VO_2 no PCR e LV de homens com alta aptidão cardiopulmonar, sendo que a utilização do *input* elaborado de informações no cadastro dos sujeitos no *software* não melhorou a acurácia. Ainda em relação ao *software* da *Firstbeat*[®], pode-se concluir também, que não apresentou acurácia satisfatória para estimar VO_2 e GE ao longo de um teste incremental máximo em esteira rolante em homens com alta aptidão cardiopulmonar, e a utilização do *input* elaborado de informações no cadastro dos sujeitos no *software* não melhorou a acurácia.

Conclui-se que a equação do índice da FC apresentou baixa acurácia para estimar VO_{2max} e VO_2 no PCR e LV, bem como, para estimar VO_2 ao longo de um teste incremental máximo em estira rolante em homens com alta aptidão cardiopulmonar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (ACSM). The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness and flexibility in health adults. **Med. Sci. Sports Exerc.** v.30; n.6; p.975-991, 1998.
2. AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **ACSM's guidelines for exercise testing and prescription**. 10. ed. Lippicott, Williams, & Wilkins, Baltimore, 2018, 480p.
3. BINDER RK, WONISCH M, CORRA U, COHEN-SOLAL A, VANHEES L, SANER H, SCHMID JP. Methodological approach to the first and second lactate threshold in incremental cardiopulmonary exercise testing. **Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.** v.15; n.6; p.726-734, 2008.
4. CARNALL D. Cycling and health promotion. A safer, slower urban road environment is the key. **BMJ.** v.1; n.320; p.7239-7888, 2000.
5. COTTIN F, MÉDIGUE C, LOPES P, LEPRÊTRE PM, HEUBERT R, BILLAT V. Ventilatory thresholds assessment from heart rate variability during an incremental exhaustive running test. **Int J Sports Med.** v.28; n.4; p.287-294, 2007.
6. COLOSIO AL, PEDRINOLLA A, DA LOZZO G, POGLIAGHI S. Heart rate-index estimates oxygen uptake, energy expenditure and aerobic fitness in rugby players. **J Sports Sci Med.** v.17; n. 4; p. 633-639, 2018.
7. CUNHA FA, MIDGLEY AW, MCNAUGHTON LR, FARINATTI PT. Effect of continuous and intermittent bouts of isocaloric cycling and running exercise on excess postexercise oxygen consumption. **J Sci Med Sport.** v.19; n.2; p.187-192, 2016.
8. DE PAUW K, ROELANDS B, CHEUNG SS, DE GEUS B, RIETJENS G, MEEUSEN R. Guidelines to Classify Subject Groups in Sport-Science Research. **Int J Sports Physiol Perform.** v.8; n.2; p.111-122, 2013.
9. ESCO MR, MUGU EM, WILLIFORD HN, MCHUGH AN, BLOOMQUIST BE. Cross-validation of the polar fitness test via the polar f11 heart rate monitor in predicting VO₂Max. **JEPonline.** V.14; n.5; p.31-37, 2011.

10. ESCO MR, OLSON MS, WILLIFORD HN, MUGU EM, BLOOMQUIST BE, MCHUGH AN. Crossvalidation of two heart rate-based equations for predicting VO_2 max in white and black men. **J Strength Cond Res.** v. 26; n.7; p.1920-9127, 2012.
11. ESCO MR, SNARR RL, FLATT A, LEATHERWOOD M, WHITTAKER A. Tracking changes in maximal oxygen consumption with the heart rate index in female collegiate soccer players. **J Hum Kinet.** v.10; n.42; p.103-111, 2014a.
12. ESCO MR, SNARR RL, WILLIFORD HN. Monitoring changes in VO_2 max via the Polar FT40 in female collegiate soccer players. **J Sports Sci.** v.32; n.11; p.1084-1090, 2014b.
13. GARBER CE, BLISSMER B, DESCHENES MR, FRANKLIN BA, LAMONTE MJ, LEE IM, NIEMAN DC, SWAIN DP, AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults: Guidance for Prescribing Exercise. **Med. Sci. Sports Exerc.** v.43; n.7; p.1334-1359, 2011.
14. HALLER JM, FEHLING PC, BARR DA, STORER TW, COOPER CB, SMITH DL. Use of the HR index to predict maximal oxygen uptake during different exercise protocols. **Physiol Rep.** v.1; n.5; p.e00124, 2013.
15. HASKELL WL, LEE IM, PATE RR, POWELL KE, BLAIR SN, FRANKLIN BA, MACERA CA, HEATH GW, THOMPSON PD, BAUMAN A, AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, AMERICAN HEART ASSOCIATION. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the american college of sports medicine and american heart association. **Circulation.** v.116; n9; p.1081-1093, 2007.
16. HERDY AH, RITT LE, STEIN R, ARAÚJO CG, MILANI M, MENEGHELO RS, FERRAZ AS, HOSSRI C, ALMEIDA AE, FERNANDES-SILVA MM, SERRA SM. Cardiopulmonary Exercise Test: Background, Applicability and Interpretation. **Arq. Bras. Cardiol.** v.107; n.5; p.467-481, 2016.

17. HILLS AP, MOKHTAR N, BYRNE NM. Assessment of physical activity and energy expenditure: an overview of objective measures. **Front. Nutr.** v.1; n.5; p.1-16, 2014.
18. HIRAKATA VN & CAMEY SA. Análise de concordância entre métodos de *bland-altman*. **Rev HCPA.** v.29; n.3; p.261-268, 2009.
19. KENCHIAIAH S, SESSO HD, GAZIANO JM. Body mass index and vigorous physical activity and the risk of heart failure among men. **Circulation.** v.119; n.1; p.44-52, 2009.
20. KOKKINOS P, MYERS J, KOKKINOS JP, PITTARAS A, NARAYAN P, MANOLIS A, KARASIK P, GREENBERG M, PAPADEMETRIOU V, SINGH S. Exercise capacity and mortality in black and white men. **Circulation.** v.117; n.5; p.614-622, 2008.
21. KRAVCHYCHYN ACP, ALVES JCC, KRAVCHYCHYN TP, NOGUEIRA GA, MACHADO FA. Comparação entre os métodos direto e indireto de determinação do VO₂max de praticantes de corrida. **Rev. Bras. Med. Esporte.** v.21; n.1; p.17-21, 2015.
22. LAKENS D. Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: a practical primer for t-tests and ANOVAs. **Frontiers in psychology.** 2013. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00863>
23. LÖLLGEN H, BÖCKENHOFF A, KNAPP G. Physical activity and all-cause mortality: an updated meta-analysis with different intensity categories. **Int. J. Sports Med.** v.30; n.3; p.213-224, 2009.
24. MAROCOLO M, NETO OB, VIANNA JM, LAURIA AA, ORSATTI FL, MOTA GR. Análise da correlação entre o protocolo polar *fitness test*[®] para predição de VO₂max e ergoespirometria. **Rev. Bras. Med. Esporte.** v.18; n.3; p.195-197, 2012.
25. MAUD PJ, FOSTER C. **Avaliação fisiológica do condicionamento físico humano.** 2. ed., São Paulo: Phorte Editora, 2009, 399p.
26. McARDLE, W.D.; KATCH F.I.; KATCH V.L. **Fisiologia do Exercício. Energia, Nutrição e Desempenho Humano.** 6. ed., Rido de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008, 1172p.
27. MONICO JFG, PÓZ APD, GALO M, SANTOS MC, OLIVEIRA LC. Acurácia e precisão: revendo os conceitos de forma acurada. **Bol. Ciênc. Geod.** v.15; n.3; p.469-483, 2009.

28. MUKAKA MM. Statistics corner: A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. **Malawi Med J.** v.24; n.3; p.69-71, 2012.
29. NEGRÃO CE, BARRETO ACP. **Cardiologia do exercício: do atleta ao cardiopata.** 3. ed., Barueri, SP: Manole, 2010, 725p.
30. PARAK J, UUSKOSKI M, MACHEK J, KORHONEN I. Estimating heart rate, energy expenditure, and physical performance with a wrist photoplethysmographic device during running. **JMIR Mhealth Uhealth.** v.5; n.7; p. e97, 2017.
31. PÓVOAS S, RANDERS MB, KRUSTRUP P, LARSEN MN, PEREIRA R, CASTAGNA C. Heart rate and perceived experience differ markedly for children in same- versus mixed-gender soccer played as small- and large-sided games. **BioMed Research International.** 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/7804642>. 2018.
32. RABADÁN M, DÍAZ V, CALDERÓN FJ, BENITO PJ, PEINADO AB, MAFFULLI N. Physiological determinants of speciality of elite middle- and long-distance runners. **J Sports Sci.** v.29; n.9; p.975-982, 2011.
33. ROBERTSON AH, KING K, RITCHIE SD, GAUTHIER AP, LAURENCE M, DORMAN SC. Validating the Use of Heart Rate Variability for Estimating Energy Expenditure. **International Journal of Human Movement and Sports Sciences.** v.3; n.2; p.19-26, 2015.
34. REID MM, DUFFIELD R, MINETT GM, SIBTE N, MURPHY AP, BAKER J. Physiological, perceptual and technical responses to on-court tennis training on hard and clay courts. **J Strength Cond Res.** v.27; n.6; p. 1487-1495, 2013.
35. SZEMERSZKY R, SZABOLCS Z, BOGDÁNY T, JÁNOSSY G, THURÓCZY G, KÖTELES F. No effect of a pulsed magnetic field on induced ischemic muscle pain. A double-blind, randomized, placebo-controlled trial. **Physiology & Behavior.** v.184; n. 1 February; p. 55-59, 2018.
36. SEILER, S. What is Best Practice for Training Intensity and Duration Distribution in Endurance Athletes? **Int J Sports Physiol. Perform.** v. 5; n.3; p.276-291, 2010.

37. SMOLANDER J, AJOVIITA M, JUUTI T, NUMMELA A, RUSKO H. Estimating oxygen consumption from heart rate and heart rate variability without individual calibration. **Clin Physiol Funct Imaging**. v.31; n.4; p.266-271, 2011.
38. SMOLANDER J, JUUTI T, KINNUNEN ML, LAINE K, LOUHEVAARA V, MANNIKKO K, RUSKO H. A new heart rate variability-based method for the estimation of oxygen consumption without individual laboratory calibration: Application example on postal workers. **Appl Ergon**. v.39; n.3; p.325-331, 2008.
39. SPERLICH B, HOLMBERG HC. Wearable, yes, but able...? it is time for evidence-based marketing claims! **Br J Sports Med**. v.51; n.16; p.1240, 2017.
40. TARVAINEN MP, NISKANEN JP, LIPPONEN JA, RANTA-AHO PO, KARJALAINEN PA. Kubios HRV - Heart rate variability analysis software. **Comput Methods Programs Biomed**. v.113; n.1; p.210-220, 2014.
41. TASK FORCE. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task force of the european society of cardiology and the north american society of pacing and electrophysiology. **Circulation**. v.93; n.5; p.1043-165, 1996.
42. THOMPSON, WR. Worldwide survey of fitness trends for 2019. **ACSM's Health & Fitness Journal**. v.22; n.6; p.10-17, 2018.
43. VESTERINEN V, HÄKKINEN K, LAINE T, HYNYNEN E, MIKKOLA J, NUMMELA A. Predictors of individual adaptation to high-volume or high-intensity endurance training in recreational endurance runners. **Scand J Med Sci Sports**. v.26; n.8; p. 885-893, 2016.
44. VESTERINEN V, NUMMELA A, LAINE T, HYNYNEN E, MIKKOLA J, HÄKKINEN K. A submaximal running test with postexercise cardiac autonomic and neuromuscular function in monitoring endurance training adaptation. **J Strength Cond Res**. v.31; n.1; p. 233-243, 2017.
45. WANG ZG, DING MC, YIN X, ZHAO Y, HU F, MA JZ. Influence of 15 km moderate or high-intensity interval military load carriage activity on postural stability. **Cogent Medicine**. v.4; n.1; p. 1408926, 2017.

46. WAHL Y, DÜKING P, DROSZEZ A, WAHL P, MESTER J. Criterion-Validity of Commercially Available Physical Activity Tracker to Estimate Step Count, Covered Distance and Energy Expenditure during Sports Conditions. **Front Physiol.** 2017. doi:10.3389/fphys.2017.00725.
47. WALLEN MP, GOMERSALL SR, KEATING SE, WISLØFF U, COOMBES JS. Accuracy of Heart Rate Watches: Implications for Weight Management. **PLoS One.** v.11; n.5; p.e0154420, 2016.
48. WICKS JR, OLDRIDGE NB, NIELSEN LK, VICKERS CE. HR Index-A Simple Method for the Prediction of Oxygen Uptake. **Med Sci Sports Exerc.** v.43; n.10; p.2005-2012, 2011.
49. WICKS JR, OLDRIDGE NB. How Accurate Is the Prediction of Maximal Oxygen Uptake with Treadmill Testing? **PLoS One.** v.11; n.11; p.e0166608, 2016.

ANEXOS

ANEXO I. PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA (CEP)

UNIVERSIDADE
BANDEIRANTE ANHANGUERA-



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM REPOUSO E EXERCÍCIO DURANTE TREINAMENTO FÍSICO SISTEMATIZADO

Pesquisador: Tiago Volpi Braz

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 38970114.9.0000.5493

Instituição Proponente: ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL AMERICANENSE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 950.277

Data da Relatoria: 08/02/2015

Apresentação do Projeto:

O projeto de pesquisa intitula-se: Variabilidade da frequência cardíaca em repouso e exercício durante treinamento físico sistematizado.

Neste projeto, participarão um total de 60 pessoas, que serão submetidas à prática sistemática, durante 4 semanas de exercícios de flexibilidade, força e resistência, incluindo caminhadas, corridas, alongamentos e atividades com equipamentos como halteres, bastões, bolas, faixas elásticas e colchonetes. Serão investigados 3 modelos de cargas de treinamento (Ondulatória, Linear e Livre), totalizando 12 sessões de treino.

Objetivo da Pesquisa:

Foram declarados os seguintes objetivos neste projeto:

Objetivo Primário:

- Analisar a variabilidade da frequência cardíaca em repouso e exercício durante treinamento físico sistematizado.

Objetivo Secundário:

- Verificar o comportamento da variabilidade da frequência cardíaca em repouso e exercício após 4 semanas de treinamento sistematizado com cargas lineares, ondulatórias e livre (sem sistematização dos exercícios).

Endereço: Rua Maria Cândida, 1813, 6o andar.
Bairro: Vila Guilherme **CEP:** 02.071-013
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)2967-9015 **Fax:** (11)2967-9083 **E-mail:** comissao.cep@ig.com.br

UNIVERSIDADE
BANDEIRANTE ANHANGUERA-



Continuação do Parecer: 950.277

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Essa pesquisa envolve riscos físicos, mas foram adotadas medidas para minimizar os mesmos com a participação de um médico e enfermeira, que devem monitorar os participantes durante a atividade. Os procedimentos adotados na pesquisa obedecem aos critérios da ética em pesquisa em seres humanos, conforme a resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. Também foram colocados de forma clara os benefícios para os participantes nesta pesquisa.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto é de interesse da comunidade científica. Os objetivos e justificativas são pertinentes, apresentados com linguagem clara e objetiva. A metodologia e a forma de análise dos dados foram apresentados.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos de apresentação obrigatória estão adequadamente apresentados. A folha de rosto foi preenchida e devidamente assinada. O TCLE foi bem redigido, contendo as informações necessárias aos sujeitos da pesquisa. As críticas realizadas, anteriormente, foram subsanadas.

Recomendações:

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O projeto de pesquisa encontra-se de acordo com a Resolução 466/12, não havendo impedimentos éticos para sua aprovação.

Assim, de acordo com o compromisso assumido pelo pesquisador no ato de submissão do projeto, fica estabelecido que o relatório final deverá ser entregue, via Plataforma Brasil, em 01.03.2016.

Lembrando que é responsabilidade do pesquisador acompanhar todos os trâmites de seu projeto na Plataforma Brasil, independente de qualquer mensagem enviada pelo sistema.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Em caso de dúvidas, entre em contato com o CEP pelo telefone (11) 2967 9015 ou pelo email comissao.cep@ig.com.br

Endereço: Rua Maria Cândida, 1813, 6o andar.
Bairro: Vila Guilherme **CEP:** 02.071-013
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)2967-9015 **Fax:** (11)2967-9083 **E-mail:** comissao.cep@ig.com.br

UNIVERSIDADE
BANDEIRANTE ANHANGUERA-



Continuação do Parecer: 950.277

SAO PAULO, 10 de Fevereiro de 2015

Assinado por:
Flávia Doná
(Coordenador)

APÊNDICES

APÊNDICE I. MÉTODO DO SOFTWARE *FIRSTBEAT SPORTS*® PARA ESTIMAR VO_2MAX , VO_2 e GE

O software da *Firstbeat*® utiliza uma relação conhecida entre VO_2 , frequência cardíaca e velocidade de corrida e caminhada para fazer as estimativas. A seguir, serão apresentadas figuras adaptadas que mostram a aquisição dos dados e as relações usadas nas estimativas.

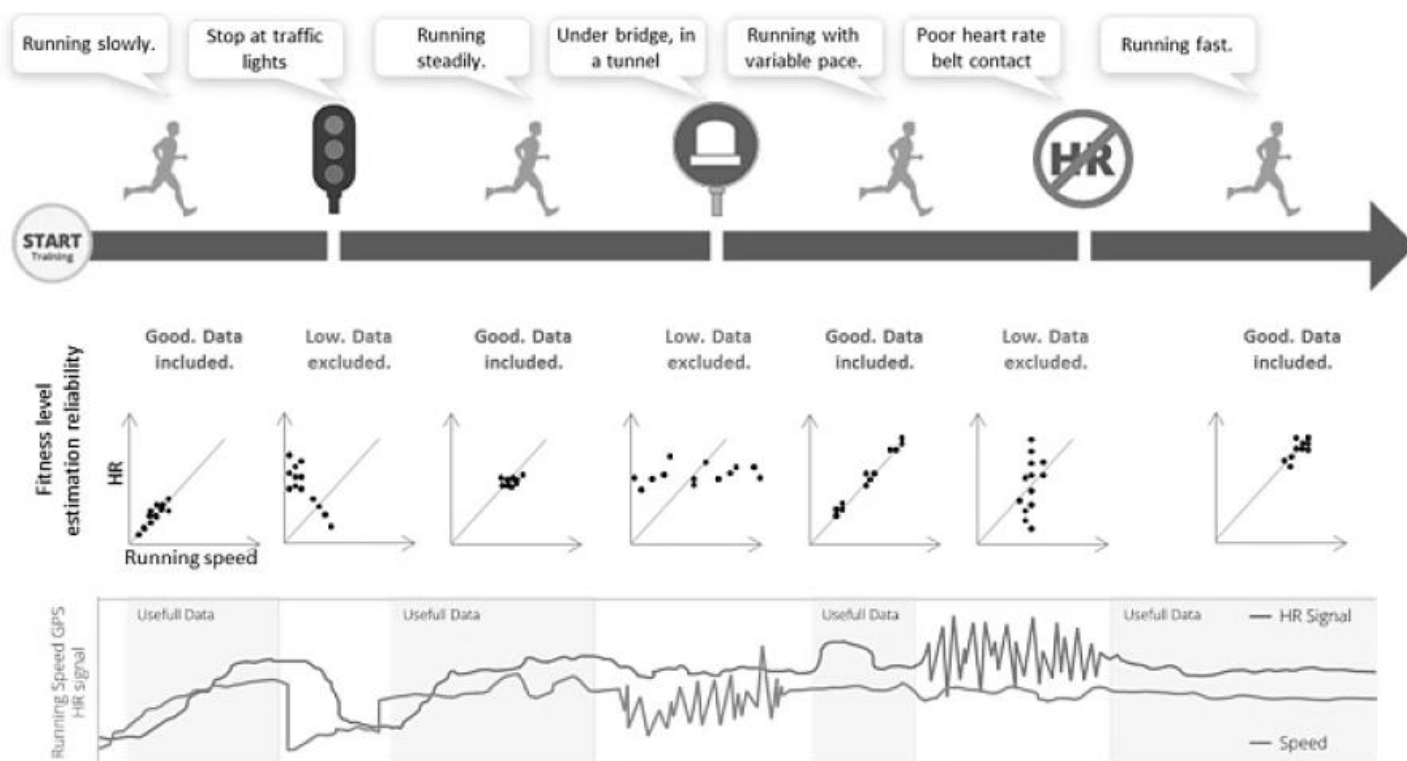


Figura 1. Mostra as maneiras em que se podem ser feitas as aquisições e as relações entre frequência cardíaca e velocidade. Fonte: <https://www.firstbeat.com/en/science-and-physiology/white-papers-and-publications/>

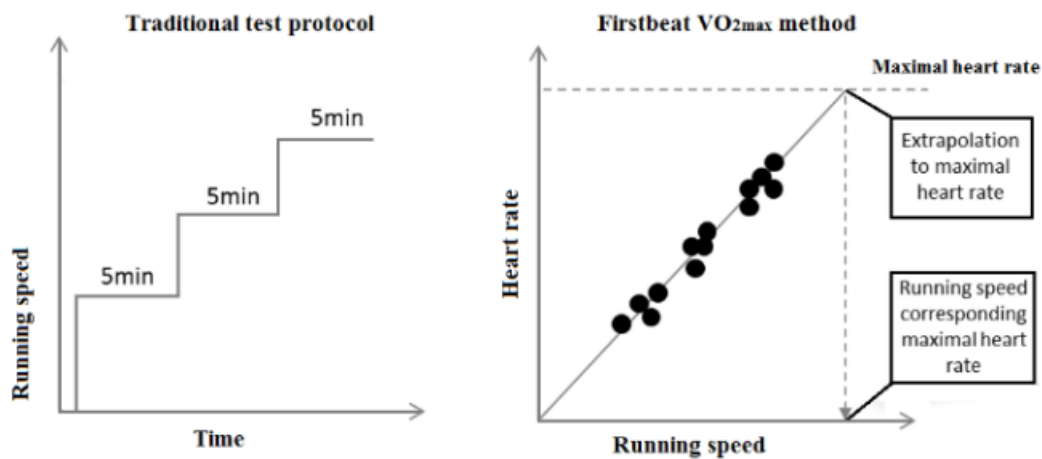


Figura 2. Mostra a diferença do conceito do teste tradicional de laboratório e da *Firstbeat*[®]. Fonte: <https://www.firstbeat.com/en/science-and-physiology/white-papers-and-publications/>

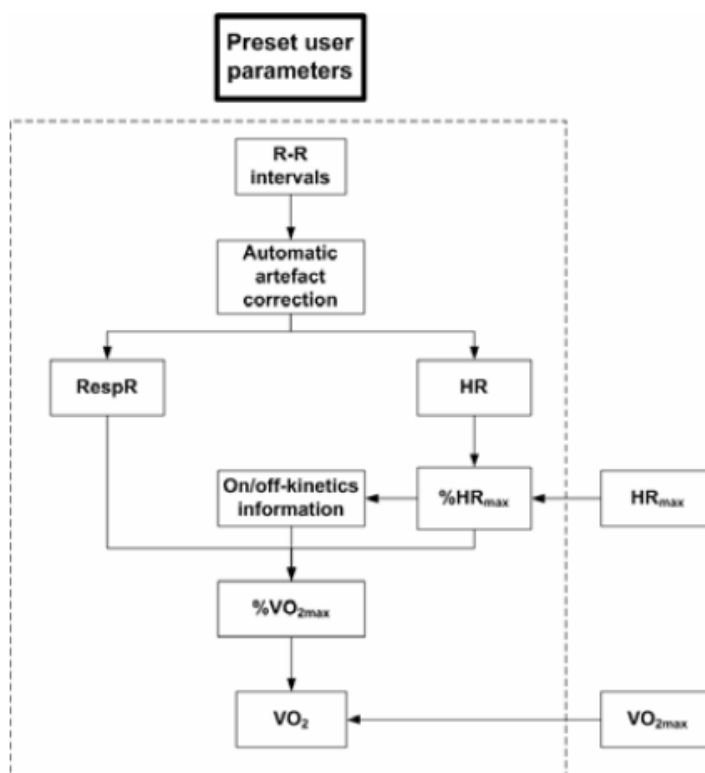


Figura 3. Mostra as variáveis e as relações usadas para fazer a estimativa do VO₂ submáximo. Fonte: <https://www.firstbeat.com/en/science-and-physiology/white-papers-and-publications/>

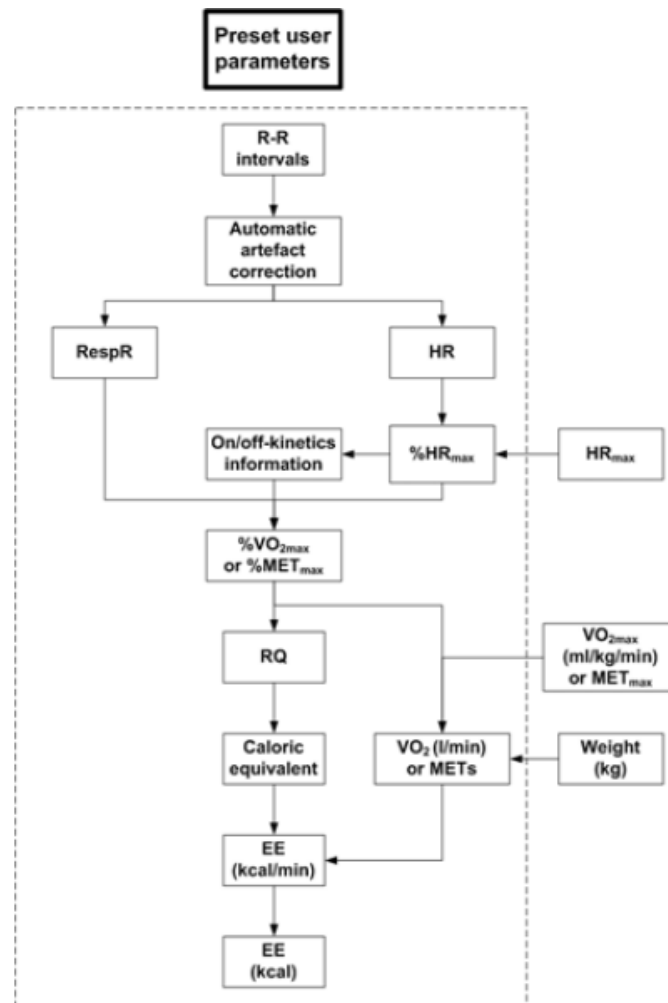


Figura 4. Mostra as variáveis e as relações usadas para fazer a estimativa do GE submáximo.
 Fonte: <https://www.firstbeat.com/en/science-and-physiology/white-papers-and-publications/>

APÊNDICE II. PRODUÇÃO ACADÊMICA DO DISCENTE DURANTE O PERÍODO DE DOUTORADO

Artigos completos publicados em periódicos

1. OLIVEIRA JJ, VERLENGIA R, BARBOSA CGR, SINDORF MAG, ROCHA GL, LOPES CR, CRISP AH. Effects of post-activation potentiation and carbohydrate mouth rinse on repeated sprint ability. **Journal of Human Sport & Exercise**. 2019. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>
2. GONELLI PRG, BRAZ TV, VERLENGIA R, PELLEGRINOTTI IL, CÉSAR MC, SINDORF MAG, CRISP AH, AOKI MS, LOPES CR. Effect of linear and undulating training periodization models on the repeated sprint ability and strength of soccer players. **Motriz, Rio Claro**. v.24; n.4; p. e101841, 2018.
3. HARTZ CS, SINDORF MAG, LOPES CR, BATISTA J, MORENO MA. Effect of inspiratory muscle training on performance of handball athletes. **Journal of Human Kinetics**. v.24; n.63; p. 43-51, 2018.
4. GERMANO MD, CRISP AH, SINDORF MAG, CREATTO CR, VERLENGIA R, LOPES CR. Duas semanas de pré-temporada melhoram a velocidade e força máxima de membros inferiores em jogadores profissionais de futebol? **Revista Brasileira de Ciência & Movimento**. v.26; n.2; p. 18-23, 2018.
5. LOPES GCF, CESAR MC, GONELLI PRG, SINDORF MAG, ARBEX TV, CREPALDI MD, VERLENGIA R. Acute cardiopulmonary responses of women during exercises of localized muscular resistance and aerobic exercises in the same energy demand. **Journal of Exercise Physiology Online**. v.21; n.4; p. 123-133, 2018.
6. FIOGBÉ E, FERREIRA R, SINDORF MAG, TAVARES SA, SOUZA KP, CASTRO CESAR M, LOPES CR, MORENO MA. Water exercise in coronary artery disease patients, effects on heart rate variability, and body composition: a randomized controlled trial. **Physiotherapy Research International**. v.23; n.3; p. e1713, 2018.
7. GERMANO MD, SINDORF MAG, CRISP AH, BRAZ TV, BRIGATTO FA, ZARONI RS. Different passive recovery times between repeated maximal sprints influence in performance and lactate removal. **Journal of Exercise Physiology Online**. v.20; n.5; p. 80-89, 2017.

8. GERMANO MD, BRAZ TV, SINDORF MAG, CRISP AH, CRUZ WA, CUNHA LG, CARTAROZI DF, NUNES AG, JERÔNIMO DP, BORELI L, AOKI MS, LOPES CR. Effect of different pre-conditioning activities on repeated sprint ability in professional handball players. **Journal of Exercise Physiology Online**. v.20; n.3; p. 141-155, 2017.
9. ORNELAS F, NAKAMURA FY, DOS-SANTOS JW, BATISTA DR, MENEGHEL V, NOGUEIRA WJ, BRIGATTO FA, GERMANO MD, SINDORF MAG, MORENO MA, LOPES CR, BRAZ TV. Daily monitoring of the internal training load by the heart rate variability: a case study. **Journal of Exercise Physiology Online**. v.20; n.1; p. 151-163, 2017.
10. BRAZ TV, NOGUEIRA WJ, CRUZ WA, BUSINARI GB, ORNELAS F, BRIGATTO FA, GERMANO MD, SINDORF MAG, SILVA JF, PELLEGRINOTTI IL, LOPES CR. Relation between different variables of vertical jumps and sprints in brazilian professional soccer players. **Journal of Exercise Physiology Online**. v.20; n.1; p. 33-46, 2017.
11. CORRÊA DA, SOARES DS, GONELLI PRG, CESAR MC, SINDORF MAG, CRISP AH, VERLENGIA R, BALBINO HF, LOPES CR. Effect of 29 weeks of periodized soccer training on the neuromuscular performance of soccer players under 20 years of age. **Journal of Exercise Physiology Online**. v.19; n.4; p. 32-41, 2016.
12. BRAZ TV, ORNELAS F, MATOS NR, GERMANO MD, SINDORF MAG, MORENO MA, LOPES CR. Chronic effect of different load distributions on the autonomic heart rate modulation. **Journal of Exercise Physiology Online**. v.19; n.2; p. 55-67, 2016.