



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

DAVID OHARA

**VALIDAÇÃO DE EQUAÇÕES PREDITIVAS PARA
ESTIMATIVA DO GASTO ENERGÉTICO DE
ADOLESCENTES**

LONDRINA
2011

DAVID OHARA

**VALIDAÇÃO DE EQUAÇÕES PREDITIVAS PARA
ESTIMATIVA DO GASTO ENERGÉTICO DE
ADOLESCENTES**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física – UEM/UEL como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Edilson Serpeloni Cyrino

Londrina
2011

DAVID OHARA

**VALIDAÇÃO DE EQUAÇÕES PREDITIVAS PARA ESTIMATIVA DO
GASTO ENERGÉTICO DE ADOLESCENTES**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física – UEM/UEL como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Educação Física.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Edilson Serpeloni Cyrino
Orientador

Prof. Dr. Fernando Adami
Membro externo

Prof. Dr. Enio Ricardo Vaz Ronque
Membro interno
aluno David Ohara em

Londrina, 30 novembro 2011

A Deus,

Aos meus pais Mituaki e Luiza,
meu irmão Flávio e, sobretudo, a
minha esposa Rosana, pelo apoio
e amor incondicionais.

Com muito amor e carinho.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Edilson Serpeloni Cyrino, por acreditar em mim, pela motivação, pelos ensinamentos, por reconhecer meu humilde trabalho, pelas inúmeras oportunidades, pela dedicação e compromisso, por me fazer acreditar que as coisas hão de melhorar, por representar minha referência de profissionalismo e caráter, por ser o verdadeiro responsável pelo meu ingresso no mestrado.

Ao Professor Dr. Enio Ricardo Vaz Ronque, que, apesar de nunca ter frequentado o seu grupo, sempre me incentivou, me respeitou e participou, sem dúvida nenhuma, da minha formação.

Aos Professores Ddo. Marcelo Romanzini, pela ideia inicial do trabalho, pela confiança, pela parceria nas coletas, pelas dúvidas sanadas e pelas histórias contadas.

Ao Professor Dr. Antônio Carlos Dourado pelas contribuições durante as coletas, pelo treinamento intensivo com o analisador de gases; aos estagiários do Cenesp, em especial Julia e Bruna pela paciência e companheirismo, me ensinando e me acompanhando em boa parte das coletas. Ao Isaías, fiel parceiro, pela ajuda em praticamente todos os dias de coleta.

Ao Professor Ddo. Mathias Roberto Loch, pelas oportunidades, pelos conhecimentos e discussões e por se deixar “zoar”.

Aos amigos Danilo e Douglas, pelo companheirismo verdadeiro, pelas discussões, por me socorrerem quando mais precisei, pelo compromisso com a profissão, pela sensatez, pela simplicidade, pela honestidade e pelo vasto e eclético conhecimento... de piadas.

Aos companheiros do GEPEMENE que fizeram e fazem parte da minha trajetória acadêmica desde 2006, pela amizade e troca de experiências, com as quais muito aprendi.

Aos amigos e familiares que, nos momentos mais difíceis da minha vida, nunca me deixaram esmorecer diante das adversidades, me incentivando e me motivando a transpô-las.

A Universidade Estadual de Londrina pelo auxílio (bolsa) ao longo de minha formação, sobretudo na Iniciação Científica; ao CNPq pelo auxílio (bolsa de Iniciação Científica e de Mestrado).

OHARA, David. **Validação de equações preditivas para estimativa do gasto energético de adolescentes**. 2011. 66 p. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Centro de Educação Física e Esporte, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

RESUMO

Apesar do crescimento no número de estudos que utilizam sensores de movimento (acelerômetros) para medir o nível de atividade física de crianças e adolescentes, a unidade de medida desses equipamentos (*counts*), ainda, é de difícil interpretação. Nesse sentido, diferentes equações preditivas para estimativa do gasto energético têm sido propostas para proporcionar significado biológico aos valores das medidas produzidas por esses equipamentos. As equações propostas para o acelerômetro ActiGraph, o mais utilizado em estudos com crianças e adolescentes, foram concebidas a partir de unidades uniaxiais não mais comercializadas. Além disso, até o presente momento não existem equações preditivas para os equipamentos triaxiais comercializados atualmente por este fabricante. Assim, o objetivo da presente investigação foi avaliar a validade preditiva em estimar o gasto energético de equações concebidas a partir do ActiGraph (7164) uniaxial, utilizando o acelerômetro ActiGraph (GT3X) triaxial, tendo como medida critério, o método de calorimetria indireta. Setenta e nove escolares, de 10 e 15 anos, de ambos os sexos, foram escolhidos aleatoriamente para participarem deste estudo. Os sujeitos foram submetidos a um protocolo experimental incluindo diferentes atividades físicas utilizando, de forma sincronizada, o acelerômetro ActiGraph GT3X (Pensacola) e um equipamento portátil de calorimetria indireta da marca Cosmed, modelo K4 b2. As medidas obtidas pelos acelerômetros foram convertidas em gasto energético mediante cinco equações publicadas na literatura (Corder 1, Corder 2, Corder 3, Trost e Puyau) e comparadas aos valores observados pela calorimetria indireta. Como procedimentos de validação foram utilizados o teste t para amostras dependentes, regressão linear simples e plotagem de Bland-Altman. Os resultados demonstraram que quatro das cinco equações avaliadas, apresentaram validade em pelo menos uma atividade. A diferença entre valores médios observados na calorimetria indireta e aqueles preditos pelas equações variaram amplamente, com percentuais superiores a 1000% em algumas atividades sedentárias e próximas de 2% em outras, de característica não sedentária. Os resultados do presente estudo sugerem que a equação de Corder 2 parece válida para a atividade de “Voleibol”, “Corrida a 7,2 km/h” e “Pular corda”. Por outro lado, a equação de Corder 3 parece válida para a atividade “Basquetebol”, assim como, a equação de Trost. Por fim, o modelo de Puyau parece válido para a “Caminhada a 2 km/h”, além de ser a melhor opção na velocidade de 4 km/h.

Palavras-Chave: Acelerometria. Calorimetria indireta. Demanda energética. Jovens.

OHARA, David. **Validation of energy expenditure predictive equation in adolescents**. 2011. 66 p. Thesis (Master's Degree of Physical Education) – Centro de Educação Física e Esporte, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

ABSTRACT

Despite the growing number of studies that use motion sensors (accelerometers) to measure the level of physical activity in children and adolescents, the unit of measurement equipment (*counts*) is still difficult to interpret. In this sense, different predictive equations to estimate energy expenditure have been proposed to provide biological meaning to the values of the measures produced by these devices. The equations for the accelerometer ActiGraph, the most widely used in studies of children and adolescents, were conceived from uniaxial units no longer marketed. Moreover, to date there are no predictive equations for the triaxial device currently marketed for that manufacturer. The objective of this research is to evaluate the predictive validity of estimating energy expenditure from equations designed for ActiGraph (7164) uniaxial devices, using triaxial accelerometers ActiGraph (GT3X) and criteria such as the technique of indirect calorimetry. Seventy-nine students between 10 and 15 years of both sexes were randomly chosen to participate in this study. The subjects underwent an experimental protocol including different physical activities using the accelerometer ActiGraph GT3X (Pensacola) and a portable indirect calorimetry Cosmed brand, model K4 b2, synchronized. The measurements obtained by the accelerometers were converted into energy expenditure using five equations previously published in the literature (Corder 1, Corder 2 and Corder 3) and compared with values obtained by indirect calorimetry. As validation procedures were used for dependent samples t test, linear regression analysis and Bland-Altman plot. Four of five equations evaluated, has been validated in at least one activity. The difference between average values observed in the indirect calorimetry and those predicted by the equations varied widely, with percentages greater than 1000% in some sedentary activities and close to 2% in some other, non-sedentary ones. The results suggest that the Corder 2 appears to be valid to the "Volleyball", "Race 7.2 km/h" and "Jump rope". On the other hand, the equation Corder 3, appears valid to "Basketball", as well as the Trost equation. Finally, the Puyau model appears valid to "Walk 2 km/h" also, is the best option at the speed of 4 km/h.

Keywords: Accelerometry. Indirect calorimetry. Energy demand. Young.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1-** Gasto energético médio ($J.kg^{-1}.min^{-1}$) de adolescentes ($n = 79$) em diferentes atividades, obtido a partir do método de calorimetria indireta e a equação de Corder 1.....38
- Figura 2-** Gasto energético médio ($J.kg^{-1}.min^{-1}$) de adolescentes ($n = 79$) em diferentes atividades, obtido a partir do método de calorimetria indireta e a equação de Corder 2.....38
- Figura 3-** Gasto energético médio ($J.kg^{-1}.min^{-1}$) de adolescentes ($n = 79$) em diferentes atividades, obtido a partir do método de calorimetria indireta e a equação de Corder 3.....39
- Figura 4-** Gasto energético médio ($J.kg^{-1}.min^{-1}$) de adolescentes ($n = 79$) em diferentes atividades, obtido a partir do método de calorimetria indireta e a equação de Trost.39
- Figura 5-** Gasto energético médio ($J.kg^{-1}.min^{-1}$) de adolescentes ($n = 79$) em diferentes atividades, obtido a partir do método de calorimetria indireta e a equação de Puyau..40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Estudos publicados sobre validação e calibração dos acelerômetros ActiGraph, Actical e RT3, em crianças e adolescentes e a medida critério utilizada.....	22
Tabela 2- Equações preditivas de gasto energético para acelerômetros ActiGraph, Actical e RT3 em crianças e adolescentes.....	24
Tabela 3- Estudos de validação e/ou comparação de equações preditivas de gasto energético em crianças e adolescentes.....	25
Tabela 4- Equações preditivas utilizadas para análise do gasto energético no presente estudo.....	31
Tabela 5- Atividades, local de realização e descrição.....	32
Tabela 6- Características gerais da amostra, valores médios de idade, massa corporal e estatura segundo sexo e total. Londrina, PR, 2011.....	36
Tabela 7- Valores médios de frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio (VO_2) e <i>counts</i> por minuto no eixo vertical, de acordo com a atividade realizada por adolescentes (n = 79).....	37
Tabela 8- Valores médios de gasto energético da atividade (GEA) mensurado por calorimetria indireta e predito por diferentes equações, em adolescentes (n = 79).....	41
Tabela 9- Análise de desempenho: inclinação, intercepto, coeficiente de desempenho (r), erro padrão da estimativa (EPE), erro puro (EP), coeficiente de variação (CV%), viés, limites de concordância e tendência nas atividades sedentárias para as equações de Corder 3 e Puyau.....	42
Tabela 10- Análise de desempenho das equações: inclinação, intercepto, coeficiente de correlação (r), erro padrão da estimativa (EPE), erro puro (EP), coeficiente de variação (CV%), viés, limites de concordância e tendência na atividade “Caminhada a 2 km/h”.....	43
Tabela 11- Análise de desempenho das equações: inclinação, intercepto, coeficiente de correlação (r), erro padrão da estimativa (EPE), erro puro (EP), coeficiente de variação (CV%), viés, limites de concordância e tendência na atividade “Caminhada a 4 km/h”.....	44

Tabela 12- Análise de desempenho das equações: inclinação, intercepto, coeficiente de correlação (r), erro padrão da estimativa (EPE), erro puro (EP), coeficiente de variação (CV%), viés, limites de concordância e tendência na atividade “Voleibol”	44
Tabela 13- Análise de desempenho das equações: inclinação, intercepto, coeficiente de correlação (r), erro padrão da estimativa (EPE), erro puro (EP), coeficiente de variação (CV%), viés, limites de concordância e tendência na atividade “Corrida a 7,2 km/h”	45
Tabela 14- Análise de desempenho das equações: inclinação, intercepto, coeficiente de correlação (r), erro padrão da estimativa (EPE), erro puro (EP), coeficiente de variação (CV%), viés, limites de concordância e tendência na atividade “Futebol”	45
Tabela 15- Análise de desempenho das equações: inclinação, intercepto, coeficiente de correlação (r), erro padrão da estimativa (EPE), erro puro (EP), coeficiente de variação (CV%), viés, limites de concordância e tendência na atividade “Basquetebol”	46
Tabela 16- Análise de desempenho das equações: inclinação, intercepto, coeficiente de correlação (r), erro padrão da estimativa (EPE), erro puro (EP), coeficiente de variação (CV%), viés, limites de concordância e tendência na atividade “Pular corda”	47

LISTA DE SIGLAS

CV	Coeficiente de variação
EP	Erro puro
EPE	Erro padrão da estimativa
GE	Gasto energético
GEA	Gasto energético da atividade
GER	Gasto energético de repouso
GET	Gasto energético total
IMC	Índice de massa corporal
MC	Massa corporal
MET	Equivalente metabólico de repouso
VO ₂	Consumo de oxigênio
%Sobrepeso	Percentual de indivíduos com sobrepeso
♂	Gênero masculino
♀	Gênero feminino

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVO	15
3 REVISÃO DA LITERATURA	16
3.1 MEDIDA DA ATIVIDADE FÍSICA E ESTIMATIVA DO GASTO ENERGÉTICO	16
3.1.1 Medidas subjetivas	16
3.1.2 Medidas objetivas.....	17
3.1.2.1 Observação direta	17
3.1.2.2 Água duplamente marcada	18
3.1.2.3 Calorimetria indireta	18
3.1.2.4 Monitores de frequência cardíaca	19
3.1.2.5 Pedômetros	19
3.1.2.6 Acelerômetros	20
4 MÉTODOS	28
4.1 SUJEITOS	28
4.2 ANTROPOMETRIA	29
4.3 CALORIMETRIA INDIRETA.....	29
4.4 ESTIMATIVA DO GASTO ENERGÉTICO	30
4.5 PROTOCOLO EXPERIMENTAL	32
4.6 DELINEAMENTO DO ESTUDO	33
4.7 REDUÇÃO DOS DADOS	34
4.8 ANÁLISE DOS DADOS	35
5 RESULTADOS	36
6 DISCUSSÃO	48
7 CONCLUSÕES	55
REFERÊNCIAS	56
ANEXO	65
ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos....	62
ANEXO B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	63
ANEXO C – Ata de defesa de dissertação.....	66

1 INTRODUÇÃO

O papel da prática de atividades físicas no contexto da promoção da saúde bem como na prevenção de disfunções crônico-degenerativas tem sido bem descrito pela literatura⁽¹⁾, o que tem motivado o governo de alguns países, desenvolvidos e em desenvolvimento, a investir em programas de natureza populacional com a finalidade de tornar as pessoas mais ativas fisicamente. De fato, estas medidas parecem justificáveis, uma vez que, dados da Organização Mundial de Saúde⁽²⁾ sugerem que a inatividade física figura entre as principais causas atribuíveis à mortalidade, sendo responsável por aproximadamente 5,5% de todas as mortes, posicionando-se atrás somente da pressão arterial elevada (12,8%), uso de tabaco (8,7%) e glicose sanguínea elevada (5,8%).

Embora essas estatísticas sejam baseadas em informações produzidas na população adulta, à prática de atividades físicas tem sido recomendada tanto para crianças quanto adolescentes⁽³⁾, tendo em vista que muitos hábitos de vida da população adulta são estabelecidos, precocemente, durante a infância e adolescência, além dos potenciais benefícios de um estilo de vida fisicamente ativo sobre indicadores de saúde. Revisões recentes têm demonstrado o efeito protetor da atividade física sobre a saúde óssea, melhoria na sensação de bem estar e saúde mental, além de uma possível relação com os níveis de atividade física na vida adulta⁽⁴⁾. Adicionalmente, o papel da atividade física tem sido destacado, tanto na prevenção quanto no tratamento de sobrepeso e obesidade^(5, 6).

Assim, considerando o impacto da prática de atividades físicas no quadro de morbi/mortalidade, a identificação dos padrões de atividade física populacional parece fundamental para o estabelecimento de estratégias que resultem na implementação de novos programas de intervenção, bem como no monitoramento e avaliação dos programas de incentivo a prática de atividades físicas já existentes.

No entanto, a tarefa de medir, com qualidade, um comportamento como a atividade física tem sido um grande desafio para pesquisadores e profissionais, sobretudo, em crianças e adolescentes, cuja natureza das atividades, em geral, assume um padrão bastante irregular, com muitos eventos e de curta duração.

Se por um lado, métodos como a água duplamente marcada, calorimetria indireta e observação direta proporcionam medidas bastante confiáveis da atividade física⁽⁷⁾, por outro, a aplicação desses métodos torna-se inviável quando o número de sujeitos envolvidos é relativamente grande, tanto por questões operacionais quanto pelo elevado custo financeiro. Nestes casos, a utilização de questionários/recordatórios para avaliação da atividade física tem sido uma prática freqüente em ambientes de pesquisa e em atividades de campo. O grande problema associado ao uso desses instrumentos reside na qualidade da medida produzida, uma vez que o tempo gasto em atividades de intensidades leve/moderada tende a ser subestimado, ao passo que em intensidades vigorosas tende a ser superestimado⁽⁸⁾.

Desse modo, a busca por instrumentos de medida que possam suplantar parte das limitações apresentadas anteriormente tem motivado inúmeras investigações com sensores de movimento, como pedômetros e acelerômetros. Considerando que os pedômetros se limitam a contabilizar o número de passos dados e, portanto, não permitem a identificação da intensidade da atividade, o uso de acelerômetros para a medida da atividade física parece ser uma alternativa bastante atraente.

Desenvolvidos na década de 70, os acelerômetros são equipamentos pequenos, leves e portáteis, cuja finalidade é mensurar a atividade física a partir da aceleração dos segmentos corporais. As medidas são realizadas e armazenadas em intervalos de tempo previamente estabelecidos (*epochs*) e expressos em uma unidade de medida proporcional à aceleração do segmento corporal nos diferentes eixos (vertical, ântero-posterior e médio-lateral), denominada *counts*. Embora a unidade de medida seja a mesma, os *counts* representam valores arbitrários, advindos de cálculos distintos de cada fabricante, de difícil interpretação por não apresentar significado biológico além de impossibilitar, a comparação entre *counts* de diferentes marcas.

No entanto, a utilização desses equipamentos vem aumentando no contexto da pesquisa com jovens, sobretudo a partir de 2001⁽⁹⁾, motivada em parte, por se tratar de uma medida objetiva da atividade física, de custo relativamente baixo quando comparado a outros métodos de referência, além apresentar indicativos de validação a partir de água duplamente marcada⁽¹⁰⁾, calorimetria indireta⁽¹¹⁾ e observação direta⁽¹²⁾.

Na tentativa de facilitar a interpretação dos resultados obtidos pelos acelerômetros, pesquisadores tem se dedicado no estabelecimento de pontos de corte para as diferentes intensidades da atividade física, bem como na construção de equações preditivas para medida do gasto energético, sobretudo, para o acelerômetro ActiGraph (MTI Health Services, Fort Walton Beach, FL), o mais utilizado em investigações envolvendo crianças e adolescentes⁽¹³⁾.

Embora diferentes equações preditivas de gasto energético tenham sido propostas para este acelerômetro⁽¹⁴⁻¹⁷⁾, todas foram concebidas a partir de unidades uniaxiais (sensíveis à aceleração vertical) modelo 7164, não mais comercializadas. Além disso, os modelos produzidos e comercializados, atualmente, por este fabricante são triaxiais (GT3X) e, até o presente momento, não possuem equações preditivas para a estimativa do gasto energético.

2 OBJETIVO

Analisar a validade preditiva de equações desenvolvidas para acelerômetros ActiGraph uniaxiais em equipamentos triaxiais do mesmo fabricante.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 MEDIDA DA ATIVIDADE FÍSICA E ESTIMATIVA DO GASTO ENERGÉTICO

3.1.1 Medidas subjetivas

Em investigações cujo número de sujeitos avaliados é relativamente elevado, como é o caso de estudos epidemiológicos, a necessidade de medidas de fácil aplicabilidade e de baixo custo é, muitas vezes, determinante para a sua exeqüibilidade. Com o crescimento da pesquisa em epidemiologia da atividade física⁽¹⁸⁾, particularmente no Brasil, fica evidente a ampla utilização de questionários/recordatórios/diários para a medida da atividade física e estimativa do gasto energético, tendo em vista a fácil aplicabilidade, uma vez que independe de equipamentos sofisticados e de mão de obra altamente especializada, o que torna reduzido o custo operacional quando comparado a outras medidas de referência.

Outra vantagem dos questionários/recordatórios/diários para a medida da atividade física é a possibilidade de investigá-la nos seus diferentes domínios, bem como identificar o tipo de atividade realizada⁽¹⁹⁾. Entretanto, apesar de suas vantagens, a determinação correta da atividade física mediante a aplicação de questionários/recordatórios/diários depende fundamentalmente da participação do indivíduo e de sua capacidade em recordar eventos ocorridos em um determinado período de tempo. Por este motivo, as respostas observadas a partir da aplicação de questionários/recordatórios/diários em crianças e adolescentes devem ser analisadas com cautela, considerando o desenvolvimento cognitivo deste grupo etário, sobretudo em indivíduos com idades inferiores a 10-12 anos⁽²⁰⁾. Vale destacar que em crianças e adolescentes, a superestimação das atividades de intensidade vigorosa e a subestimação das atividades de intensidade moderada, também, são relatadas na literatura^(8, 20).

Com relação à reprodutibilidade e validade dos instrumentos que vêm sendo utilizados para a medida da atividade física, uma recente revisão sistemática sobre questionários do tipo *self-report*⁽²¹⁾ indicou uma maior reprodutibilidade do que validade para a maioria dos instrumentos analisados. Outra constatação importante foi a existência de 52 instrumentos diferentes que, se por um

lado sugere o interesse neste tipo de investigação, por outro, dificulta a comparação entre os resultados de diferentes estudos.

3.1.2 Medidas objetivas

De maneira geral são consideradas medidas objetivas da atividade física/gasto energético: a observação direta, o método de água duplamente marcada, a calorimetria indireta, o monitoramento pela frequência cardíaca e o uso de sensores de movimento (pedômetros e acelerômetros)^(8, 22).

3.1.2.1 Observação direta

A observação direta pode ser considerada uma medida de referência para mensurar a atividade física, sobretudo, em crianças e adolescentes, uma vez que permite observar o comportamento (atividade física), *in loco* ou *a posteriori*, mediante filmagem, e estimar a intensidade e o tipo de atividade, em frações de tempo, ao longo de um período determinado. A possibilidade de reportar eventos curtos e mudanças repentinas da atividade física é extremamente relevante quando a população observada é de crianças⁽⁷⁾. Nesse sentido, diferentes codificações são utilizadas para cada intensidade das atividades realizadas durante as aulas de educação física na escola⁽²³⁾ ou, ainda, em outros ambientes⁽¹⁰⁾.

A literatura tem reportado correlações variando de $r = 0,61 - 0,91$ entre a observação direta e consumo de oxigênio, bem como entre observação direta e frequência cardíaca. Além disso, tem sido relatado pela literatura valores de concordância inter-avaliador de 84% a 99%, em observações simultâneas da mesma criança⁽⁷⁾. Todavia, a técnica de observação direta torna-se de alto custo operacional, uma vez que necessita de avaliadores treinados e experientes, além do tempo despendido para a coleta das medidas ser relativamente longo⁽⁸⁾. Adicionalmente, outro problema associado a esse tipo de medida é a reatividade por parte dos observados⁽²⁴⁾.

Como ocorre com outros métodos de referência, a observação direta tem sido utilizada para validar outros métodos e instrumentos como é o caso dos pedômetros^(10, 25) e acelerômetros^(10, 26).

3.1.2.2 Água duplamente marcada

O método de diluição de isótopos, conhecida como água duplamente marcada é considerada o método “padrão ouro” para o gasto energético diário e tem sido validada a partir da calorimetria em câmara calorimétrica⁽²⁷⁾ com erro entre 3-4%⁽²⁸⁾. A mensuração ocorre mediante a ingestão de água marcada com uma concentração conhecida de dois isótopos (deutério e oxigênio). O deutério é normalmente eliminado como água e, o oxigênio é eliminado como água e dióxido de carbono. A partir da concentração destes elementos, tanto na urina quanto no ar expirado, é possível determinar o gasto energético⁽²⁹⁾.

Esse método permite que o avaliado não necessite alterar os afazeres do cotidiano por conta da medida. Outra vantagem é que, normalmente, há pouca reatividade por parte dos sujeitos quando submetidos a esse tipo de medida. Apesar disso, a impossibilidade de coletar e armazenar informações com relação ao tipo, frequência, intensidade e duração das atividades torna o método de água duplamente marcada pouco atrativo em investigações cujo objetivo esteja associado a uma dessas variáveis. Além disso, trata-se de um procedimento de alto custo, uma vez que exige um equipamento sofisticado (espectrômetro de massa), uma mão de obra qualificada e a matéria prima específica (isótopos) e de difícil aquisição, dificultando a sua utilização, sobretudo, quando o número de avaliados é relativamente grande. Mesmo assim, o método de água duplamente marcada tem sido utilizado como referência para validar outros métodos como é o caso da acelerometria⁽¹¹⁾.

3.1.2.3 Calorimetria indireta

A calorimetria indireta tem como premissa a relação entre o consumo de oxigênio e a produção de dióxido de carbono, uma vez que, todas as reações as quais liberam energia no organismo dependem essencialmente da utilização do oxigênio. Dessa forma, a determinação da troca gasosa, apesar de fornecer apenas uma estimativa indireta do dispêndio energético⁽³⁰⁾, tem sido utilizada como uma medida acurada e válida⁽⁷⁾ para análise do comportamento individual em períodos de repouso ou durante atividades físicas.

Embora apresente medidas precisas, o método de calorimetria indireta, também, é considerado de alto custo, tendo em vista o valor comercial do equipamento, os custos de manutenção, bem como a necessidade de técnicos treinados para operá-lo. Além disso, em investigações onde, a coleta de informações acerca da atividade física é realizada por períodos prolongados a utilização deste equipamento torna-se inviável⁽⁷⁾, embora existam equipamentos portáteis. Assim, em ambientes relativamente controlados, o método de calorimetria indireta têm sido bastante utilizado, tal como o método de água duplamente marcada, para validar outros instrumentos.

3.1.2.4 Monitores de frequência cardíaca

Os monitores de frequência cardíaca ou frequencímetros mensuram a atividade física/gasto energético, a partir da relação linear entre o consumo de oxigênio e a frequência cardíaca⁽²⁰⁾. O pressuposto assumido, sobretudo, em crianças e adolescentes, é o de que indivíduos que permanecem mais tempo com uma frequência cardíaca elevada seriam mais ativos do que aqueles que permanecem com valores mais baixos de frequência cardíaca⁽⁸⁾.

Os frequencímetros são equipamentos cada vez menores e mais leves, com grande capacidade de armazenamento de informações. Normalmente são equipamentos compostos por uma fita com eletrodos a qual fica afixada ao peito do indivíduo e um receptor (relógio)⁽⁸⁾.

Apesar de sua utilização não limitar os movimentos e não serem considerados reativos além das vantagens supracitadas, a frequência cardíaca pode ser influenciada por diversos fatores como ansiedade, estresse emocional, fadiga, posição corporal, o grupo muscular utilizado, o tipo de contração muscular, aptidão física, hidratação além de fatores ambientais como temperatura e umidade relativa do ar⁽⁸⁾.

3.1.2.5 Pedômetros

Os pedômetros são equipamentos pequenos, leves e relativamente baratos, os quais contam e armazenam o número de passos dados ao longo do tempo. Basicamente seu mecanismo é acionado pela aceleração vertical do quadril,

onde é fixado, movendo um pêndulo para baixo e para cima gerando a contagem mediante abertura e fechamento de circuito elétrico⁽³¹⁾. Uma revisão sistemática acerca da validade e reprodutibilidade de sensores de movimento (pedômetros e acelerômetros) apontou reprodutibilidade dos pedômetros com ICC variando de 0,51 a 0,92 e validade com valores de r entre 0,59 a 0,88⁽¹³⁾.

Outra possível vantagem destes equipamentos reside no fato de que, potencialmente, poderia agir como ferramenta de motivação para que os indivíduos controlem seus níveis de atividade física, tanto em adultos⁽³²⁾ quanto em jovens⁽³³⁾. Apesar de ser uma alternativa barata para mensurar atividade física quando comparados aos acelerômetros, os pedômetros não são capazes de identificar o tipo e intensidade da atividade física, o que limita, sobremaneira, a sua utilização no campo da pesquisa.

3.1.2.6 Acelerômetros

Os acelerômetros são equipamentos pequenos, portáteis, discretos, de custo relativamente baixo quando comparados a outras medidas de referência, além de proporcionarem uma medida objetiva e não-reativa da atividade física^(8, 13). Essas características têm atraído pesquisadores interessados em mensurar a atividade física de crianças e adolescentes, o que parece explicar, pelo menos em parte, o aumento do número de estudos que tem utilizado estes equipamentos, particularmente, nessas populações⁽⁹⁾.

Acelerômetros são equipamentos mais complexos do que os pedômetros, desenvolvidos para mensurar a magnitude e o volume total dos movimentos em função do tempo, a partir da aceleração de um determinado segmento corporal^(13, 34). Transdutores e microprocessadores transformam a aceleração em um sinal digital de modo que cada movimento gera uma voltagem proporcional à sua aceleração⁽¹³⁾. A aceleração, por sua vez, é captada em unidade de aceleração gravitacional por um sensor posicionado no eixo vertical, longitudinal ou transversal, dependendo do fabricante/modelo do acelerômetro⁽³¹⁾.

Os acelerômetros com sensibilidade de captar a aceleração em apenas um eixo são chamados de uniaxiais e aqueles com capacidade de mensurar a aceleração nos três planos supracitados, recebem o nome de triaxiais. Outros

modelos chamados de unidirecionais são sensíveis aos três eixos, no entanto possuem maior sensibilidade no eixo vertical.

Atualmente as principais marcas e modelos de acelerômetros são o ActiGraph em seus modelos uniaxiais (7164 e GT1M) e triaxial (GT3X); Actical (unidirecionais); RT3 (triaxiais); Actiwatch (unidirecionais); Actiheart (unidirecionais com monitor de frequência cardíaca); Caltrac (unidirecionais) e MML Minimotionlogger (triaxiais). Entretanto, outros equipamentos, também, são encontrados em investigações relacionadas à atividade física como os acelerômetros triaxiais 3nDX e ActivTracer.

A unidade de medida utilizada pelo acelerômetro é chamada de *count* os quais são somados e armazenados ao longo de intervalos cíclicos de tempo, conhecidos como *epoch*. Basicamente, o *count* é a representação numérica proporcional a voltagem gerada pela aceleração⁽³¹⁾ e, por se tratar de um valor arbitrário, depende das especificações de cada equipamento, o que dificulta comparações⁽³⁵⁾.

A dificuldade de interpretação dos *counts* tem motivado a condução de diversos estudos, no sentido de encontrar um significado biológico para estes valores⁽³⁶⁾. Assim, investigações relacionadas à calibração dos acelerômetros para a estimativa do gasto energético, bem como para a criação de pontos de corte, têm sido desenvolvidas, sobretudo, em crianças e adolescentes.

A tabela 1 apresenta estudos disponíveis na literatura sobre calibração/validação de acelerômetros, a partir de medidas de referência, em populações jovens. Vale destacar que as informações apresentadas se referem apenas aos estudos que utilizaram os acelerômetros ActiGraph, Actical e RT3.

Tabela 1- Estudos publicados sobre validação e calibração dos acelerômetros ActiGraph, Actical e RT3, em crianças e adolescentes e a medida critério utilizada.

n (Total)	n (Gênero)	Idade em anos	Medida critério	Pesquisadores
ActiGraph				
n = 246	110♂ 136♀	12,4 (0,2)	CI	Mattocks <i>et al.</i> ⁽³⁷⁾
n = 86	43♂ 43♀	17,6 (8,0)	CI	Stone <i>et al.</i> ⁽³⁸⁾
n = 39	23♂ 16♀	13,2 (0,3)	CI	Corder <i>et al.</i> ⁽¹⁵⁾
n = 145	66♂ 79♀	12,4 (0,2)	CI	Corder <i>et al.</i> ⁽¹⁴⁾
n = 74	74♀	14 (0,3)	CI	Schimitz <i>et al.</i> ⁽³⁹⁾
n = 67	41♂ 26♀	9,4 (2,1)	CI	Wickel <i>et al.</i> ⁽⁴⁰⁾
n = 45	22♂ 23♀	13,7 (2,6)	CI	Trost <i>et al.</i> ⁽¹²⁾
n = 21	21♂	9,6 (0,5)	CI	Louie <i>et al.</i> ⁽⁴¹⁾
n = 30	15♂ 15♀	9,3 (0,8)	CI	Eston <i>et al.</i> ⁽⁴²⁾
n = 30	19♂ 11♀	11,6 (1,2)	CI	Trost <i>et al.</i> ⁽¹⁷⁾
n = 12	7♂ 5♀	11,4 (0,4)	CI	Eisenmann <i>et al.</i> ⁽⁴³⁾
n = 16	8♂ 8♀	7,38 (1,15)	CI e PF	Garcia <i>et al.</i> ⁽⁴⁴⁾
n = 74	74♀	14,1 (0,3)	CI	Treuth <i>et al.</i> ⁽⁴⁵⁾
n = 34	20♂ 14♀	11-15	CI	Chu <i>et al.</i> ⁽⁴⁶⁾
n = 26	15♂ 11♀	9,1 (0,3)	ADM	Ekelund <i>et al.</i> ⁽⁴⁷⁾
n = 85	51♂ 34♀	4,6 (1,2)	ADM	Reilly <i>et al.</i> ⁽¹¹⁾
n = 26	14♂ 12♀	7-16	CD	Puyau <i>et al.</i> ⁽¹⁶⁾
n = 281		3-5	OD	Sirard <i>et al.</i> ⁽²⁶⁾
n = 78	30♂ 48♀	3,5 (0,6)	OD	Kelly <i>et al.</i> ⁽⁴⁸⁾
n = 32	17♂ 15♀	10,3 (0,5)	OD	McClain <i>et al.</i> ⁽²³⁾
n = 24	12♂ 12♀	7 (0,25)	OD	Hands <i>et al.</i> ⁽¹⁰⁾
n = 11	3♂ 8♀	4,0 (0,04) e 3,7 (0,5)	OD	Fairweather <i>et al.</i> ⁽⁴⁹⁾
n = 10	10♂	12,8 (0,4)	OD	Coe & Pivarnik ⁽⁵⁰⁾
Actical				
n = 39	23♂ 16♀	13,2 (0,3)	CI	Corder <i>et al.</i> ⁽¹⁵⁾
n = 32	14♂ 18♀	7-18	CD	Puyau <i>et al.</i> ⁽⁵¹⁾
n = 48	26♂ 22♀	8-17 e 20,5-30,1	CI	Heil <i>et al.</i> ⁽⁵²⁾
n = 86	43♂ 43♀	17,6 (8,0)	CI	Stone <i>et al.</i> ⁽³⁸⁾
RT3				
n = 35	18♂ 17♀	11,1 (1,0)	CI	Chu <i>et al.</i> ⁽⁵³⁾
n = 86	43♂ 43♀	17,6 (8,0)	CI	Stone <i>et al.</i> ⁽³⁸⁾
n = 42	29♂ 13♀	12,2 (1,1)	CI	Kavouras <i>et al.</i> ⁽⁵⁴⁾
n = 27	21♂ 6♀	12,6 (0,3)	CI	Sun <i>et al.</i> ⁽⁵⁵⁾
n = 20	12♂ 8♀	7-12	CI	Hussey <i>et al.</i> ⁽⁵⁶⁾
n = 20		10-16	CI	Vanhelst <i>et al.</i> ⁽⁵⁷⁾
n = 34	34♂	9,5 (0,8) e 20,7 (1,4)	CI	Rowlands <i>et al.</i> ⁽⁵⁸⁾
n = 19	9♂ 10♀	6-18	OD	Kozub & Oh ⁽⁵⁹⁾

Nota. ADM = água duplamente marcada; CI = calorimetria indireta; CD = calorimetria direta; OD = observação direta; PF = plataforma de força.

De maneira geral, os resultados encontrados pelos estudos de calibração e validação têm indicado para os acelerômetros ActiGraph valores de correlação de $r = 0,45 - 0,58$, quando a medida critério utilizada foi água duplamente marcada⁽⁴⁷⁾; entre $r = 0,50 - 0,83$, quando a medida critério utilizada foi calorimetria indireta^(15, 43, 44, 60); entre $r = 0,58 - 0,77$, quando a medida critério utilizada foi observação direta^(10, 26, 48); e entre $r = 0,36 - 0,92$ quando correlacionados com outros acelerômetros^(44, 48).

Para os acelerômetros Actical, as correlações variaram entre $r = 0,45 - 0,89$ para a calorimetria indireta^(15, 52, 61) e $r = 0,93$ quando comparados a outros acelerômetros⁽⁵²⁾. Os valores de *counts* dos acelerômetros RT3 correlacionaram-se com medidas de calorimetria indireta na ordem de $r = 0,56 - 0,87$ ^(54-56, 58). Vale ressaltar que dados de estudos não publicados não foram apresentados na tabela 1, havendo, portanto, a possibilidade de resultados controversos. Em estudos de calibração e validação de acelerômetros conduzidos com crianças e adolescentes, algumas equações preditivas têm sido desenvolvidas. Na tabela 2 são apresentados alguns estudos que se propuseram a desenvolver equações preditivas de gasto energético para os acelerômetros ActiGraph, Actical e RT3.

Vale destacar que a validação cruzada das equações propostas nem sempre tem sido realizada, embora seja de grande relevância. Além disso, a utilização das equações concebidas em ambientes controlados, como em laboratórios de pesquisa, muitas vezes não reflete as reais condições encontradas pelos indivíduos em seu cotidiano, onde a influência de fatores externos, como condições ambientais, por exemplo, poderiam influenciar em parte na predição do gasto energético.

Tabela 2- Equações preditivas de gasto energético para acelerômetros ActiGraph, Actical e RT3 em crianças e adolescentes.

n (Total)	n (Gênero)	Idade em anos	Equações	Pesquisadores
ActiGraph				
n = 39	23♂ 16♀	13,2 (0,3)	GEA ($J.kg^{-1}.min^{-1}$) = 0,17 (<i>counts</i>) + 201,1 Caminhada e corrida em esteira	Corder <i>et al.</i> ⁽¹⁵⁾
n = 39	23♂ 16♀	13,2 (0,3)	GEA ($J.kg^{-1}.min^{-1}$) = 0,054 x (<i>counts.min⁻¹</i>) + 169 Caminhada e corrida	Corder <i>et al.</i> ⁽¹⁵⁾
n = 145	66♀ 79♀	12,4 (0,2)	GEA ($J.kg^{-1}.min^{-1}$) = 0,1 x (<i>counts.min⁻¹</i>) - 2,29 x estatura (cm) + 353 Repouso deitado, jogar game sentado, caminhada lenta, caminhada rápida, corrida e pular corda	Corder <i>et al.</i> ⁽¹⁴⁾
n = 30	19♂ 11♀	11,6 (1,2)	GE ($kcal.min^{-1}$) = - 2,23 + 0,0008 (<i>counts.min⁻¹</i>) + 0,08 (MC(kg)) Caminhada e corrida em esteira	Trost <i>et al.</i> ⁽¹⁷⁾
n = 26	14♂ 12♀	7-16	GEA ($kcal.kg^{-1}.min^{-1}$) = 0,0183 + 0,000010 (<i>counts.min⁻¹</i>) Videogame, pintar, jogos (sentado), exercícios de aquecimento, caminhada, artes marciais (Tae Bo), esportes (basquetebol, futebol, etc), corrida, pular corda e saltar	Puyau <i>et al.</i> ⁽¹⁶⁾
Actical				
n = 39	23♂ 16♀	13,2 (0,3)	GEA ($J.kg^{-1}.min^{-1}$) = 0,02 (<i>counts</i>) + 168,7	Corder <i>et al.</i> ⁽¹⁵⁾
n = 32	14♂ 18♀	7-18	GEA ($kcal.kg^{-1}.min^{-1}$) = 0,00423 + 0,00031 (<i>counts</i>) ^{0,653}	Puyau <i>et al.</i> ⁽⁵¹⁾
n = 48	26♂ 22♀	8-17 e 20,5-30,1	GEA ($kcal.kg^{-1}.min^{-1}$) = 0,02299 + (1,902E-5) x (<i>counts</i>)	Heil <i>et al.</i> ⁽⁵²⁾
RT3				
n = 27	21♂ 6♀	12,6 (0,3)	GEA ($kcal.min^{-1}$) = 0,0006359 (<i>counts.min⁻¹</i>) - 0,0006427 (MC) + 0,733 (atividades <i>indoor</i>) GEA ($kcal.min^{-1}$) = 0,00030397 (<i>counts.min⁻¹</i>) + 0,00586272 (MC) + 0,58 (atividades diárias)	Sun <i>et al.</i> ⁽⁵⁵⁾
n = 42	29♂ 13♀	12,2 (1,1)	GET = -2,195 + 0,001 (<i>counts.min⁻¹</i>) + 0,120 (MC(kg))	Kavouras <i>et al.</i> ⁽⁵⁴⁾

Nota. GE = gasto energético; GEA = gasto energético da atividade; GET = gasto energético total; MC = massa corporal.

Poucos estudos de validação de equações preditivas para a estimativa do gasto energético são encontrados na literatura. A tabela 3 apresenta estudos de validação e/ou comparação de equações preditivas para a estimativa do gasto energético para acelerômetros em crianças e adolescentes.

Tabela 3- Estudos de validação e/ou comparação de equações preditivas de gasto energético em crianças e adolescentes.

n (Total)	n (Gênero)	Idade em anos	Equações avaliadas	Pesquisadores
ActiGraph n = 12	7♂ 5♀	11,4 (0,4)	Trost <i>et al.</i> (1998) GE (kcal.min ⁻¹) = - 2,23 + 0,0008 (counts.min ⁻¹) + 0,08 (MC(kg)) Sallis <i>et al.</i> (1990) EE = 0,101 kcal.kg ⁻¹ x (counts)	Eisenmann <i>et al.</i> ⁽⁴³⁾
n = 45	22♂ 23♀	13,7 (2,6)	Trost <i>et al.</i> (1998) GE (kcal.min ⁻¹) = - 2,23 + 0,0008 (counts.min ⁻¹) + 0,08 (MC(kg)) Freedson <i>et al.</i> (1997) METs = 2,757 + (0,0015 x counts.min ⁻¹) - [0,08957 x idade (anos)] - [0,000038 x counts.min ⁻¹ x idade (anos)] Puyau <i>et al.</i> (2002) GEA (kcal.kg ⁻¹ .min ⁻¹) = 0,0183 + 0,000010 (counts.min ⁻¹)	Trost <i>et al.</i> ⁽¹²⁾
n = 67	41♂ 26♀	9,4 (2,1)	Freedson <i>et al.</i> (2005) METs = 2,757 + (0,0015 x counts.min ⁻¹) - (0,08957 x idade (anos)) - (0,000038 x counts.min ⁻¹ x idade (anos))	Wickel <i>et al.</i> ⁽⁴⁰⁾
n = 1.321	663♂ 658♀	9,6 (0,4)	Ekelund <i>et al.</i> (2001) GEA (kcal/dia) = 66,847 + (counts.min ⁻¹ x 0,953) - (176,9 x gênero ^a) Puyau <i>et al.</i> (2002) GEA (kcal.kg ⁻¹ .min ⁻¹) = 0,0183 + 0,000010 (counts.min ⁻¹) Trost <i>et al.</i> (2002) METs = 2,757 + (0,0015 x counts.min ⁻¹) - [0,08957 x idade (anos)] - [0,000038 x counts.min ⁻¹ x idade (anos)]	Nilsson <i>et al.</i> ⁽⁶²⁾

Nota. ^a masculino = 0 e feminino = 1.

Em um estudo de validação de equações preditivas de gasto energético para acelerômetros ActiGraph em crianças⁽¹²⁾, diferentes equações⁽¹⁷⁾ foram analisadas. A amostra foi composta por 45 crianças e adolescentes de 10 a 18 anos que foram submetidas a cinco atividades com duração de cinco minutos cada, a saber: caminhada normal, caminhada rápida, corrida leve, corrida moderada e corrida vigorosa. Todas as atividades foram realizadas em um circuito oval coberto. Os indivíduos realizaram as atividades utilizando o acelerômetro bem como uma unidade portátil de calorimetria indireta da marca Cosmed (Model K4b2, Rome, Italy). A equação proposta por Trost superestimou o gasto energético durante a caminhada normal em 23,3%, na caminhada rápida em 13,3%, além de subestimar o gasto energético durante a corrida vigorosa em 12,3%. A equação de Freedson superestimou o gasto energético (METs) durante a caminhada normal, caminhada rápida e corrida leve em 29,4%, 23,5% e 15,9%, respectivamente. Entretanto, não houve diferença estatisticamente significativa entre valores observados e preditos na corrida vigorosa.

Resultado semelhante foi encontrado por Wickel *et al.*⁽⁴⁰⁾, com 67 crianças, de 6 a 13 anos, submetidas a um protocolo de três minutos em esteira, em cinco diferentes velocidades (1,6; 3,2; 4,0; 4,8 e 6,4 km/h), utilizando acelerômetros ActiGraph sincronizados a uma unidade portátil de calorimetria indireta. A equação utilizada foi a proposta por Freedson *et al.*⁽⁶³⁾. Verificou-se uma superestimação do gasto energético predito em todas as velocidades, exceto à 1,6 km/h. Os autores concluíram que há uma limitação na habilidade preditiva da equação proposta por Freedson, sobretudo, em velocidades de locomoção de 3,2 a 6,4 km/h e em corridas vigorosas.

Vale ressaltar que, estes estudos de validação se limitaram a utilização de protocolos cujas atividades se restringiam àquelas de característica tipicamente de locomoção, onde os movimentos de outros segmentos corporais assumem um padrão cíclico. Este fato pode potencialmente interferir nas predições quando as atividades realizadas não se limitarem à caminhadas e/ou corridas.

Eisenmann *et al.*⁽⁴³⁾ conduziram um experimento onde 12 adolescentes 11,4 (0,4) anos realizaram três atividades (varrer; jogar boliche e basquetebol) por um período de quatro minutos cada, utilizando dois acelerômetros (ActiGraph e Caltrac), sincronizados a uma unidade portátil de calorimetria indireta

Cosmed (Model K4b2, Rome, Italy). As equações utilizadas foram a de Trost *et al.*⁽¹⁷⁾ para o ActiGraph e a de Sallis *et al.*⁽⁶⁴⁾ para o Caltrac.

As correlações encontradas entre o valor observado e o predito pelas equações variaram de $r = 0,58 - 0,68$ para o ActiGraph e de $r = 0,22 - 0,72$ para o Caltrac, nas diferentes atividades do protocolo. Quando as atividades foram agrupadas, os valores de r foram de $0,78$ para o ActiGraph e $0,82$ para o Caltrac. No entanto, a plotagem de Bland-Altman identificou superestimação do valor predito em relação ao observado em ambas as equações de $2,8$ kcal/min (IC95% = $2,36 - 3,24$) e $0,88$ kcal/min (IC95% = $0,23 - 1,53$) para Caltrac e ActiGraph, respectivamente. Os autores concluíram que, apesar da correlação encontrada ser de magnitude moderada a forte entre os valores preditos e observados, uma importante variação foi identificada nas atividades, as quais estariam associadas às limitações da própria técnica de acelerometria, bem como das equações concebidas em ambiente laboratorial.

Um estudo publicado por Nilsson *et al.*⁽⁶²⁾ comparou três equações previamente publicadas^(47,16, 65) tendo como referência a equação proposta por Ekelund *et al.* (2001), com pequena adaptação. A escolha desta equação como referência parece ter sido motivada pela medida critério utilizada pelos autores (água duplamente marcada), bem como pelo fato de ter passado pelo procedimento de validação cruzada. Um total de 1.321 crianças (663 meninos e 658 meninas) utilizaram o acelerômetro MTI, modelo 7.164 (Manufacturing Technology Inc., Fort Walton Beach, Florida, USA) ao longo de quatro dias (dois dias de semana e dois de final de semana). As equações propostas por Puyau e Trost, superestimaram o gasto energético em 17% ($P < 0,001$) e 83% ($P < 0,001$), respectivamente, quando as medidas foram baseadas na análise de 24 horas. Quando a medida foi baseada no tempo, as equações de Puyau e Trost subestimaram em 46% ($P < 0,001$) e 3% ($P < 0,05$), respectivamente, os valores encontrados pela equação de referência. Os autores concluíram que a acurácia das equações em predizer o gasto energético ainda não é clara.

4 MÉTODOS

4.1 SUJEITOS

Setenta e nove adolescentes, de ambos os sexos, de 10 a 15 anos, estudantes de quinta a oitava série de uma escola da rede pública de ensino do município de Londrina/PR participaram voluntariamente deste estudo. Como critérios de inclusão, os sujeitos deveriam estar regularmente matriculados no estabelecimento de ensino escolhido por conveniência, pertencer à faixa etária preestabelecida, não possuir nenhuma disfunção ou enfermidade que impedisse e/ou colocasse em risco a integridade física para a execução das atividades propostas e apresentar o termo de consentimento livre e esclarecido devidamente assinado pelo pai, mãe ou responsável (Anexo B). Este projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo seres humanos da Universidade Estadual de Londrina/PR (Anexo A).

Quatro visitas foram realizadas a escola anteriormente a coleta dos dados. A primeira visita teve como objetivo apresentar a proposta de investigação à diretora do estabelecimento escolhido. Considerando o aceite por parte da instituição de ensino, uma segunda visita foi realizada para apresentação do projeto em cada uma das classes de quinta a oitava séries. Nesta ocasião, os alunos tiveram a oportunidade de tirar eventuais dúvidas sobre a pesquisa e, aqueles que manifestaram o interesse em participar, receberam o termo de consentimento livre e esclarecido o qual deveria ser lido e assinado pelo responsável, caso este permitisse que o adolescente interessado participasse da investigação. A terceira visita foi utilizada para o recolhimento dos termos de consentimento livre e esclarecido bem como para a entrega destes documentos àqueles alunos ausentes na ocasião da segunda visita e que, após explicação dos objetivos da pesquisa, manifestaram interesse em participar. Finalmente, uma quarta e última visita ocorreu para o recolhimento dos termos de consentimento entregues na terceira visita.

4.2 ANTROPOMETRIA

Os sujeitos foram submetidos a medidas antropométricas de massa corporal e estatura. A massa corporal foi mensurada por meio de uma balança de plataforma da marca Urano modelo PS180 A, com resolução de 0,1 kg, ao passo que a estatura foi mensurada em um antropômetro metálico acoplado à mesma balança, com resolução de 0,1 cm, de acordo com procedimentos descritos na literatura⁽⁶⁶⁾.

4.3 CALORIMETRIA INDIRETA

O método de calorimetria indireta foi utilizado como método de referência para a determinação do gasto energético neste estudo. As medidas foram coletadas por um equipamento portátil da marca Cosmed (Model K4b2, Rome, Italy). O equipamento é composto por uma unidade portátil que é fixada ao tórax dos avaliados mediante a utilização de um colete específico para este fim. As razões entre as trocas respiratórias foram registradas a cada incursão respiratória. Previamente ao início de cada avaliação, foi realizada a calibração do equipamento seguindo os procedimentos descritos pelo fabricante. O equipamento permaneceu ligado por um período mínimo de 45 min antes do início da avaliação, no sentido de atender as recomendações do fabricante em relação ao aquecimento adequado para a sua utilização. A partir daí foram realizadas as calibrações, a saber: com o ar ambiente (procedimento realizado pelo próprio equipamento); com mistura de ar conhecido (O₂ 15,6% e CO₂ 5,66%); de fluxo e de volume expirado durante a ventilação (mediante 10 bombeamentos com seringa de 3L).

A unidade portátil foi fixada a um colete, ajustado às dimensões corporais dos avaliados. Também foi definido o tamanho da máscara a ser utilizado pelo avaliado ao longo do protocolo. Após o ajuste do equipamento ao corpo do avaliado, cabos da unidade portátil, bem como o excedente da cinta do colete, foram fixadas com tiras de velcro, no sentido de evitar que estas impedissem ou restringissem os movimentos ao longo das atividades do protocolo. Considerando a duração do protocolo e a autonomia das baterias do equipamento, ocorreram até três trocas de baterias ao longo do protocolo. No total, três baterias estavam disponíveis em cada uma das avaliações (uma delas utilizada já no início do

protocolo), duas das quais permaneciam na base (recarregador). As trocas de bateria ocorreram impreterivelmente nos intervalos de recuperação entre as atividades, evitando-se assim a perda de dados referentes aos minutos das atividades. A cada troca de bateria, um novo código de identificação foi criado para o mesmo avaliado. Tal procedimento foi adotado no sentido de minimizar possíveis erros na ocasião da passagem dos dados para a planilha. Durante todo o protocolo, o funcionamento do equipamento foi monitorado por um técnico, na tentativa de que eventuais problemas pudessem ser solucionados.

Imediatamente após o término do protocolo, a unidade portátil era desligada e a máscara, bem como o colete com o equipamento, retirados do avaliado. O equipamento seguia então para o laboratório onde, os dados contidos na unidade portátil eram salvos em um arquivo de *backup* em um computador. Este procedimento foi realizado em todas as avaliações no sentido de minimizar o risco de perda de dados caso a telemetria tivesse, eventualmente, cessado a sua transferência. Os arquivos foram dispostos em duas planilhas distintas, a saber: uma delas contendo dados filtrados em intervalos de minuto a minuto e outra contendo dados contínuos de respiração a respiração. A frequência cardíaca foi monitorada por um frequencímetro da marca Polar (Polar Electro OY, Finlândia), modelo S810i.

4.4 ESTIMATIVA DO GASTO ENERGÉTICO

Os acelerômetros da marca ActiGraph (MTI Health Services, Fort Walton Beach, FL) modelo GT3X foram utilizados para mensurar a atividade física. Os equipamentos foram afixados à cintura dos sujeitos mediante fita elástica, de acordo com as instruções dos fabricantes. Para fins de análise, o acelerômetro foi configurado para armazenar informações sobre as atividades físicas em *epochs* de 15 s. As equações preditivas apresentadas na tabela 4, para os acelerômetros ActiGraph foram utilizadas para a estimativa do gasto energético nas diferentes atividades do protocolo.

Para a seleção das equações investigadas utilizou-se inicialmente os critérios descritos em recente revisão da literatura⁽⁶⁷⁾. A partir daí, apenas as equações cuja medida de gasto energético da atividade física, expressos em $\text{kcal}\cdot\text{min}^{-1}$, $\text{kcal}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, $\text{J}\cdot\text{min}^{-1}$ ou $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ foram selecionadas. Quando dois

modelos, propostos pelos mesmos autores, se diferenciavam apenas na unidade de medida do resultado, apenas uma das equações foi avaliada.

Tabela 4. Equações preditivas utilizadas para análise do gasto energético no presente estudo.

n (gênero)	Idade em anos	Medida critério	Equações, protocolo de atividades e abreviatura da equação	Pesquisadores
n = 39 (23♂ 16♀)	13,2 (0,3)	CI	GEA ($J.kg^{-1}.min^{-1}$) = 0,17 (<i>counts</i>) + 201,1 Caminhada e corrida em esteira (Corder1)	Corder <i>et al.</i> ⁽¹⁵⁾
n = 39 (23♂ 16♀)	13,2 (0,3)	CI	GEA ($J.kg^{-1}.min^{-1}$) = 0,054 x (<i>counts.min⁻¹</i>) + 169 Caminhada e corrida em esteira (Corder2)	Corder <i>et al.</i> ⁽¹⁵⁾
n = 145 (66♂ 79♀)	12,4 (0,2)	CI	GEA ($J.kg^{-1}.min^{-1}$) = 0,1 x (<i>counts/min</i>) - 2,29 x estatura (cm) + 353 Repouso deitado, jogar game sentado, caminhada lenta, caminhada rápida, corrida e pular corda (Corder3)	Corder <i>et al.</i> ⁽¹⁴⁾
n = 30 (19♂ 11♀)	11,6 (1,2)	CI	GEA ($kcal.min^{-1}$) = - 2,23 + 0,0008 (<i>counts.min⁻¹</i>) + 0,08 (MC(kg)) Caminhada e corrida em esteira (Trost)	Trost <i>et al.</i> ⁽¹⁷⁾
n = 26 (14♂ 12♀)	7-16	CD	GEA ($kcal.kg^{-1}.min^{-1}$) = 0,0183 + 0,000010 (<i>counts.min⁻¹</i>) Videogame, pintar, jogos (sentado), exercícios de aquecimento, caminhada, artes marciais (Tae Bo), esportes (basquetebol etc), corrida, pular corda, saltar e futebol (Puyau)	Puyau <i>et al.</i> ⁽¹⁶⁾

Nota. CD = calorimetria direta; CI = calorimetria indireta; GEA = gasto energético da atividade; MC = massa corporal.

4.5 PROTOCOLO EXPERIMENTAL

Os sujeitos foram submetidos a atividades estruturadas de diferentes intensidades. A sequência das atividades obedeceu a uma ordem progressiva de intensidade partindo do repouso até a atividade mais intensa. A duração para cada atividade foi de cinco minutos, com exceção do período de repouso, o qual teve duração de 20 min. Todas as atividades foram intercaladas por intervalos de cinco minutos de recuperação. Cada atividade foi iniciada a partir de um novo minuto no intuito de facilitar a coleta e processamento dos dados. Durante as atividades, os sujeitos utilizaram, de forma simultânea e sincronizada, o equipamento portátil de calorimetria indireta, bem como o sensor de movimento. A descrição das atividades monitoradas é apresentada na tabela 5.

Tabela 5- Atividades, local de realização e descrição.

Atividade	Local	Descrição
Repouso deitado	Laboratório	Permanecer deitado em uma maca, em ambiente com iluminação reduzida, temperatura controlada, livre de barulho evitando movimentos.
DVD	Laboratório	Na posição sentada, assistir filme.
Escrever	Laboratório	Na posição sentada, Escrever um texto padronizado
Videogame	Laboratório	Sentado(a), jogar <i>Play Station III</i> .
De pé	Laboratório	Permanecer de pé, com pouca movimentação de pernas e braços.
Caminhada a 2 km/h	Quadra Poliesportiva Coberta	Juntamente com um avaliador, caminhar constantemente a uma velocidade média de 2,0 km/h.
Caminhada a 4 km/h	Quadra Poliesportiva Coberta	Juntamente com um avaliador, caminhar constantemente a uma velocidade média de 4,0 km/h.
Voleibol	Quadra Poliesportiva Coberta	Juntamente com mais dois ou três avaliadores, jogar voleibol em quadra de tamanho reduzido.
Corrida a 7,2 km/h	Quadra Poliesportiva Coberta	Juntamente com um avaliador, correr a uma velocidade média de 7,2 km/h.
Futebol	Quadra Poliesportiva Coberta	Juntamente com dois avaliadores, executar chutes a gol.
Basquetebol	Quadra Poliesportiva Coberta	Juntamente com dois avaliadores, executar deslocamento em zigue-zague e arremessos/bandejas a cesta.
Pular corda	Quadra Poliesportiva Coberta	Com o auxílio de dois avaliadores, pular corda

4.6 DELINEAMENTO DO ESTUDO

Um avaliador, devidamente habilitado, foi responsável pelo transporte dos sujeitos (Escola - Universidade - Escola). As avaliações ocorreram nas dependências do Centro de Educação Física e Esporte, da Universidade Estadual de Londrina em uma única visita. As atividades “Repouso deitado”; “DVD”; “Escrever”; “Videogame” e “De pé” foram conduzidas no laboratório do Centro de Excelência Esportiva (CENESP), ao passo que as atividades “Caminhada a 2 km/h”; “Caminhada a 4 km/h”; “Voleibol”; “Corrida a 7,2 km/h”; “Futebol”; “Basquetebol” e “Pular corda” foram realizadas em uma quadra poliesportiva coberta. Após uma breve explanação sobre os procedimentos aos quais os sujeitos seriam submetidos, medidas antropométricas bem como informações relacionadas ao horário da última refeição foram obtidas individualmente. Posteriormente, realizou-se a escolha da máscara, ajuste do colete para a utilização do equipamento de calorimetria indireta e o ajuste da fita do frequencímetro. O protocolo teve início após, no mínimo, duas horas da última refeição, no sentido de minimizar a influência do efeito térmico dos alimentos sobre a medida de gasto energético de repouso. Entre cinco e 10 min antes do horário pré-estabelecido para o início do protocolo, a fita transmissora do frequencímetro, o acelerômetro e a máscara foram afixados ao avaliado. O tempo foi sincronizado de modo que, cada uma das atividades do protocolo tivesse início simultaneamente para cada um dos equipamentos envolvidos (acelerômetro e calorimetria indireta).

Considerando que a unidade do ActiGraph inicia a mensuração em horário previamente estabelecido mediante configuração por software específico, o *start* manual foi apenas necessário para o equipamento K4. A duração do protocolo completo foi de duas horas e 10 min, dos quais uma hora dentro do laboratório e o restante em quadra poliesportiva coberta.

A medida de repouso foi realizada em uma sala com luminosidade reduzida, livre de barulho, com média de temperatura e umidade relativa do ar de 22,4°C e 58,5% respectivamente. Ao longo do período de repouso, o colete, já com a unidade portátil do K4 em funcionamento, permaneceu em uma cadeira imediatamente ao lado do avaliado. Este procedimento foi adotado, em virtude de que, na condição de repouso, a utilização do colete pelo avaliado torna-se inviável. O avaliado foi orientado a não se movimentar e não dormir. Finalizado o período de

repouso, o primeiro intervalo de cinco minutos foi concedido ao avaliado, momento no qual o colete foi acoplado ao sujeito para a continuidade do protocolo. Os intervalos de cinco minutos entre as atividades foram utilizados para a troca de bateria da unidade portátil de calorimetria indireta, ajuste de máscara e fios e/ou da fita do frequencímetro ou do acelerômetro, caso fosse necessário.

Ao final das atividades no laboratório, a equipe de avaliadores, equipamentos e os avaliados deslocavam-se até a quadra coberta onde foram realizadas as últimas atividades do protocolo. O tempo de transição, considerando o deslocamento, bem como a alocação e ajustes dos equipamentos para o reinício das atividades, foi de cinco a 10 min, aproximadamente.

As atividades de locomoção “Caminhada a 2 km/h”, “Caminhada a 4 km/h” e “Corrida a 7,2 km/h” foram realizadas com a participação de um avaliador, no sentido de garantir que a velocidade estabelecida para a atividade fosse obedecida. Para tanto, o avaliador utilizou um sensor inercial de velocidade da marca Polar modelo S1.

Imediatamente após o término do protocolo, todos os equipamentos utilizados pelo avaliado foram retirados e desligados, com exceção dos acelerômetros os quais só tiveram suas medidas interrompidas no momento em que estivessem acoplados às respectivas bases para a transferência de dados. Por fim, os avaliados então receberam um lanche e foram conduzidos de volta a escola.

4.7 REDUÇÃO DOS DADOS

Para fins de análise, apenas os dois últimos minutos de cada atividade e os últimos cinco minutos do período de repouso foram considerados. O VO_2 foi convertido em kcal, assumindo a constante de $1L O_2 = 4,825 \text{ kcal}^{(30)}$. O gasto energético foi convertido em $\text{kcal}\cdot\text{min}^{-1}$, $\text{J}\cdot\text{min}^{-1}$, $\text{kcal}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ e $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Para a conversão em J, utilizou-se $1 \text{ kcal} = 4,1868 \text{ J}$. O gasto energético da atividade (GEA) foi calculado mediante subtração do gasto energético (GE) pelo gasto energético de repouso (GER).

4.8 ANÁLISE DOS DADOS

Inicialmente, a distribuição dos dados foi analisada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e a homogeneidade das variâncias pelo teste de Levene. Confirmada a normalidade e a homogeneidade das variâncias para a maioria dos dados, as informações foram tratadas por meio de estatística paramétrica. O teste t pareado foi utilizado nas comparações entre os escores produzidos pelo método de referência e estimados pelos diferentes acelerômetros. A análise de regressão linear simples foi utilizada na comparação entre as estimativas de gasto energético produzidas pela calorimetria indireta (variável dependente) e aquelas previstas pelas diferentes equações (variáveis independentes). Foram analisados o erro padrão de estimativa (EPE) e o coeficiente de correlação (r). O EPE foi utilizado como uma medida de validação para analisar a falta de associação entre a medida de referência e as medidas estimadas por cada acelerômetro. Outra medida de validação utilizada foi o cálculo do erro puro (EP), utilizando a seguinte equação $(\sum(Y_1 - Y_2)^2/n)^{1/2}$, onde Y_1 é o valor predito por cada acelerômetro, Y_2 é o valor da medida obtida pelo método de referência e n é o número de sujeitos. O coeficiente de variação (CV) foi verificado mediante divisão do erro padrão de estimativa pela média do gasto energético estimado pelos acelerômetros, multiplicado por 100. Medidas de concordância entre os escores de gasto energético estimados pelas equações dos acelerômetros e a medida de referência foram adotadas, de acordo com a plotagem de Bland-Altman, incluindo os limites de concordância de 95% e análise de tendência. O nível de significância estatística adotado foi de $P < 0,05$. As análises foram conduzidas utilizando-se o pacote estatístico *SPSS for Windows*, versão 17.0 e o *Med Calc for Windows*, versão 4.15.

5 RESULTADOS

A tabela 6 apresenta as características gerais da amostra. Não foram observadas diferenças estatisticamente significantes entre os sexos para a idade, massa corporal e estatura.

Tabela 6- Características gerais da amostra, valores médios de idade, massa corporal e estatura segundo sexo e total. Londrina, PR, 2011.

	Meninos (n = 40)	Meninas (n = 39)	Total (n = 79)
Idade	12,6 (1,3)	12,5 (1,4)	12,5 (1,3)
Massa Corporal	48,8 (10,7)	48,3 (10,5)	48,5 (10,7)
Estatura	157,1 (9,3)	155,5 (8,2)	156,3 (8,8)

Informações relativas à frequência cardíaca, o consumo de oxigênio e os *counts* mensurados ao longo do protocolo das atividades são apresentadas na tabela 7. Os menores valores foram encontrados nas atividades com característica sedentária (“DVD”, “Escrever”, “Videogame” e “Em pé”) quando comparados as demais atividades. A velocidade média real atingida nas atividades de deslocamento foi de 2,0 (0,2) km/h (caminhadas a 2 km/h), 3,9 (0,2) km/h (caminhadas a 4 km/h) e 7,5 (0,2) km/h (corrida a 7,2 km/h).

Tabela 7- Valores médios de frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio (VO₂) e *counts* por minuto no eixo vertical, de acordo com a atividade realizada por adolescentes (n = 79).

Atividade	FC (bpm)	VO ₂ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	Counts.min ⁻¹ Eixo vertical
Repouso deitado	72,3 (13,5)	4,5 (1,4)	11,2 (37,3)
DVD	77,0 (11,0)	4,6 (1,2)	10,8 (28,3)
Escrever	82,0 (10,5)	5,2 (1,8)	0,8 (4,0)
Videogame	77,7 (14,6)	5,3 (1,5)	11,3 (24,4)
De pé	87,7 (16,4)	5,8 (1,5)	9,4 (31,8)
Caminhada a 2 km/h	91,6 (11,4)	9,5 (1,9)	585,2 (278,2)
Caminhada a 4 km/h	101,5 (9,4)	12,8 (2,3)	2738 (440,8)
Voleibol	121,8 (17,9)	17,9 (4,9)	1433 (681,4)
Corrida a 7,2 km/h	156,0 (14,8)	27,8 (6,0)	6896 (1344)
Futebol	182,1 (14,7)	31,8 (8,4)	4670 (1031)
Basquetebol	181,9 (15,4)	30,4 (7,6)	5251 (1495)
Pular corda	183,1 (17,8)	29,9 (7,4)	8158 (2514)

As figuras (1-5) apresentam a comparação entre os valores médios do gasto energético da atividade (GEA) medidos por calorimetria indireta e preditos pelas equações analisadas (Corder 1, Corder 2, Corder 3, Trost e Puyau). Com exceção das atividades “Caminhada a 2 km/h” para a equação de Puyau (Figura 5); “Voleibol” para a equação de Corder 2 (Figura 2); “Basquetebol” para as equações de Corder 3 (Figura 3) e de Trost (Figura 4), todos os demais valores obtidos pelas equações diferiram estatisticamente ($P < 0,05$) dos valores obtidos por calorimetria indireta. Embora, originalmente, os valores obtidos pelas diferentes equações sejam expressos em unidades de medida distintas, optou-se por apresentar todos os resultados em uma única unidade de medida (J.kg⁻¹.min⁻¹), no sentido facilitar a interpretação, sobretudo em eventuais comparações.

Figura 1- Gasto energético médio ($\text{J.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) de adolescentes ($n = 79$) em diferentes atividades, obtido a partir do método de calorimetria indireta e a equação de Corder 1.

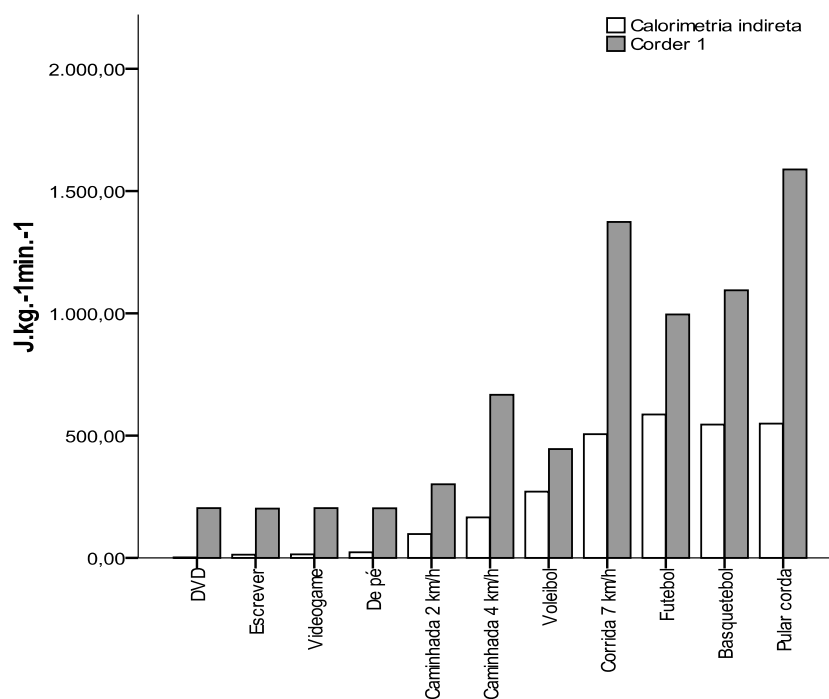


Figura 2- Gasto energético médio ($\text{J.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) de adolescentes ($n = 79$) em diferentes atividades, obtido a partir do método de calorimetria indireta e a equação de Corder 2. * $P < 0,05$ (calorimetria indireta vs. equação de Corder 2).

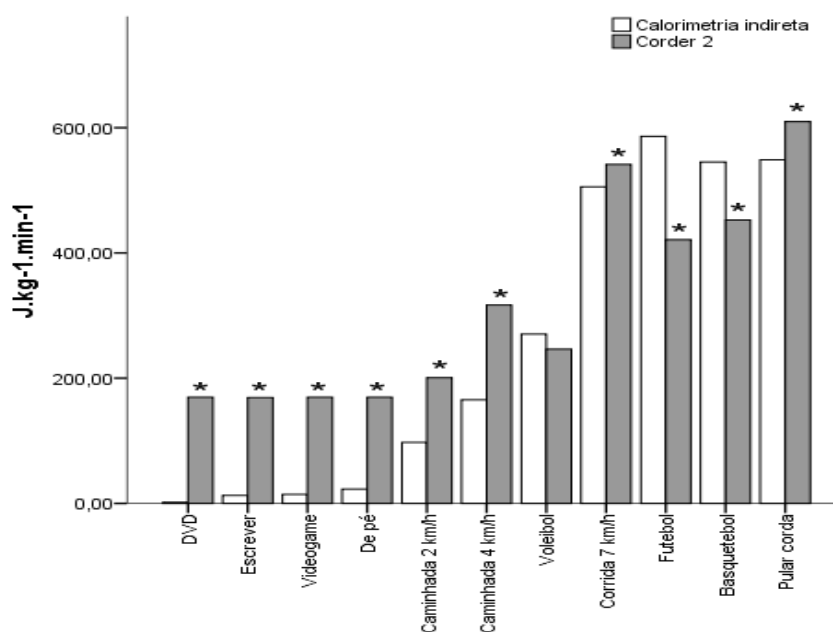


Figura 3- Gasto energético médio ($\text{J.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) de adolescentes ($n = 79$) em diferentes atividades, obtido a partir do método de calorimetria indireta e a equação de Corder 3. * $P < 0,05$ (calorimetria indireta vs. equação de Corder 3).

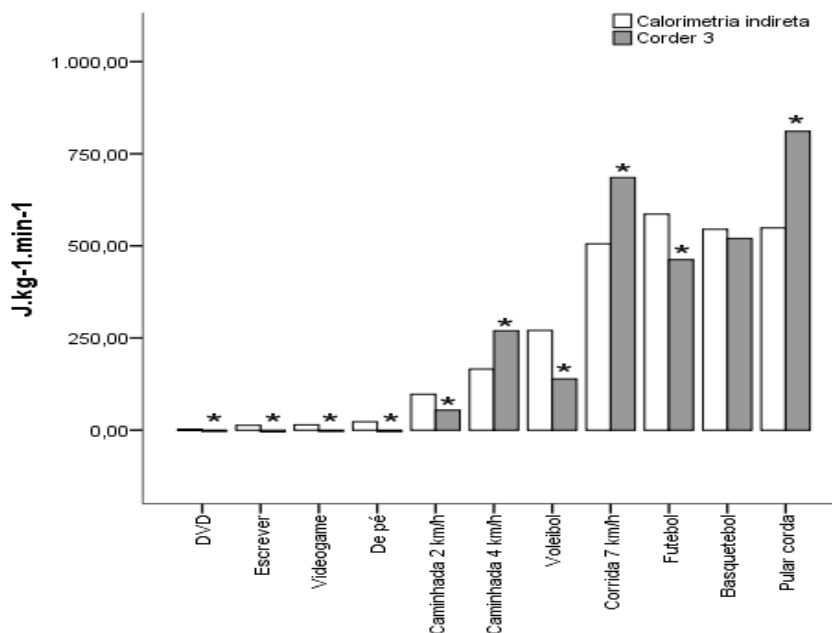


Figura 4- Gasto energético médio ($\text{J.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) de adolescentes ($n = 79$) em diferentes atividades, obtido a partir do método de calorimetria indireta e a equação de Trost. * $P < 0,05$ (calorimetria indireta vs. equação de Trost).

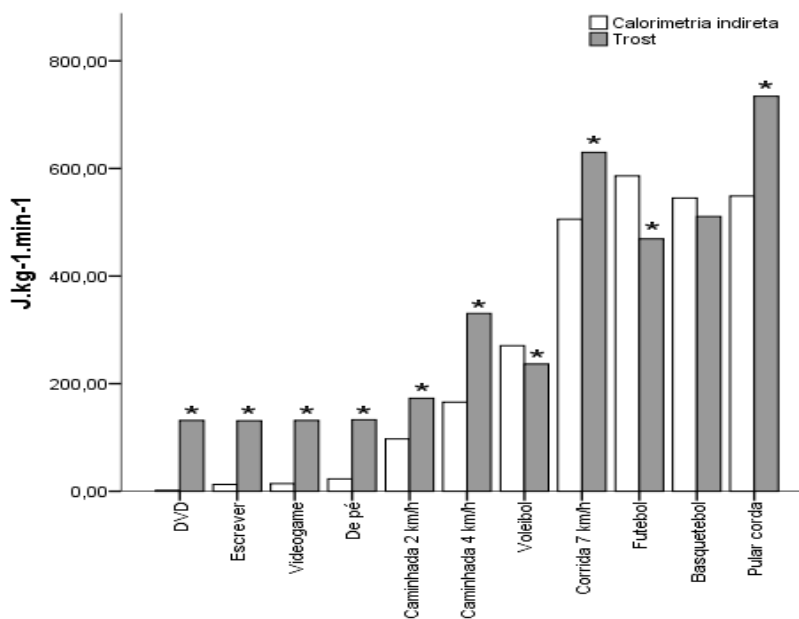
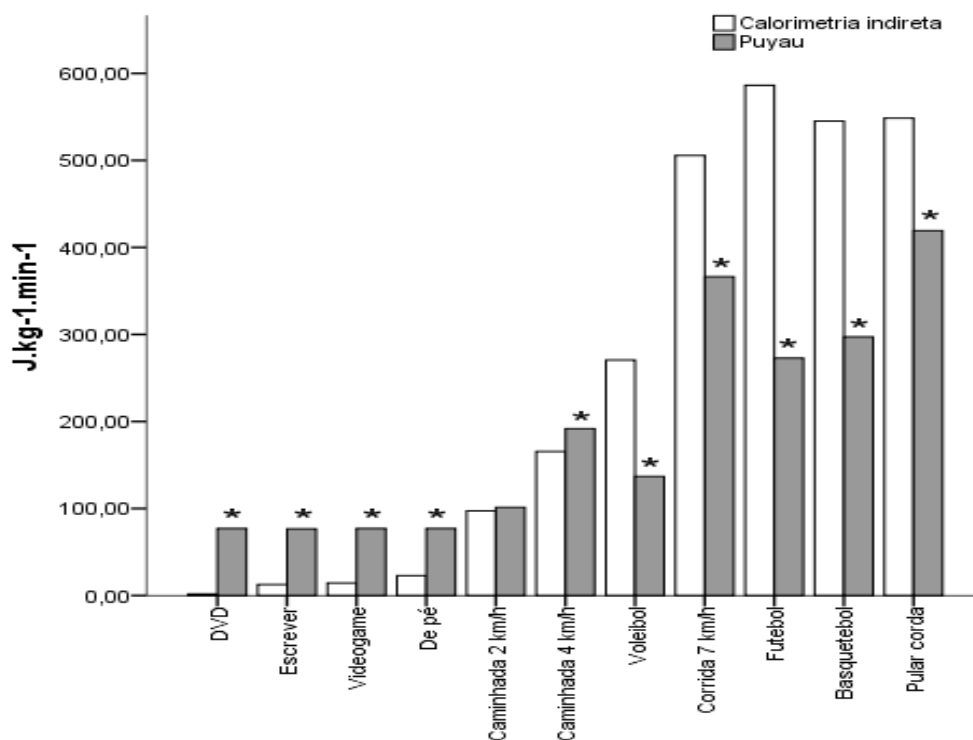


Figura 5- Gasto energético médio ($\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) de adolescentes ($n = 79$) em diferentes atividades, obtido a partir do método de calorimetria indireta e a equação de Puyau. $*P < 0,05$ (calorimetria indireta vs. equação de Puyau).



Na Tabela 8 são apresentados os valores médios de gasto energético obtidos pelo método de referência (calorimetria indireta) e preditos pelas equações utilizadas. Os valores preditos pelas equações foram superiores aos obtidos por calorimetria indireta em 36 situações (65,4%) e inferiores em outras 19 (34,6%), dentre todas as possibilidades (5 equações x 11 atividades = 55).

Dentre as atividades com característica sedentária, como “DVD”, “Escrever”, “Videogame” e “De pé”, observou-se predominância de superestimação com frequência de 4 em 20 possibilidades (20%). Por outro lado, as atividades de maior gasto energético “Caminhada a 2 km/h”, “Caminhada a 4 km/h”, “Voleibol”, “Corrida a 7,2 km/h”, “Futebol”, “Basquetebol” e “Pular corda”, apresentaram maior frequência de subestimação, ou seja, 12 em 35 possibilidades (34,2%). As atividades mais frequentemente subestimadas pelas equações foram “Futebol” e “Voleibol”. Os modelos propostos por Corder 3 e Puyau foram os que apresentaram maior

frequência de subestimação dentre as equações (7 em 11 e 5 em 11 possibilidades, respectivamente). Além disso, o modelo de Corder 3 foi o único que subestimou todas as atividades sedentárias. Excetuando-se a equação proposta por Corder 1, a qual superestimou o gasto energético em todas as atividades analisadas, cada um dos modelos investigados apresentou subestimação em no mínimo duas atividades e superestimação em pelo menos três das 11 atividades analisadas. Vale destacar que os valores médios cuja diferença entre observado e predito não apresentaram diferença significativa ($P > 0,05$), não foram considerados como superestimação ou subestimação.

Tabela 8- Valores médios de gasto energético da atividade (GEA) mensurado por calorimetria indireta e predito por diferentes equações, em adolescentes (n = 79).

Atividades	GEA	Corder 1	Corder 2	Corder 3	Trost	Puyau
DVD	1,5 (17,3)	202,9 (4,8)	169,5 (1,5)	-3,4 (20,3)	131,7 (51,2)	77,0 (1,1)
Escrever	12,0 (21,9)	201,2 (0,6)	169,0 (0,2)	-4,78 (19,9)	130,1 (51,1)	76,6 (0,1)
Videogame	14,2 (18,9)	203,0 (4,1)	169,6 (1,3)	-3,3 (20,6)	131,7 (51,4)	77,0 (1,0)
De pé	23,0 (21,7)	202,7 (5,4)	169,5 (1,7)	-4,0 (20,3)	133,0 (50,4)	76,9 (1,3)
Caminhada a 2 km/h	98,4 (26,6)	300,5 (47,3)	200,6 (15,0)	54,0 (35,4)	172,9 (47,9)	101,1 (11,8)
Caminhada a 4 km/h	166,2 (35,2)	666,6 (74,9)	316,8 (23,0)	269,3 (23,8)	330,6 (33,9)	191,6 (18,5)
Voleibol	272,4 (91,4)	444,4 (115,8)	246,3 (36,7)	138,8 (71,6)	236,3 (57,3)	136,8 (29,1)
Corrida a 7,2 km/h	505,8 (104,6)	1373 (228,4)	541,4 (72,7)	685,2 (127,5)	630,0 (103,8)	366,2 (56,4)
Futebol	586,9 (164,4)	995,0 (175,2)	421,1 (55,6)	462,6 (97,8)	469,1 (75,0)	272,7 (43,3)
Basquetebol	547,4 (147,8)	1093 (254,2)	452,5 (80,7)	519,8(143,9)	510,7 (102)	297,2 (62,8)
Pular corda	548,2 (141,3)	1588 (427,4)	609,5 (135,7)	810,7 (247,9)	734,2 (200,4)	419,3 (105,6)

Nota. Os valores são apresentados em $J.kg^{-1}.min^{-1}$

A Tabela 9 apresenta a avaliação dos critérios de desempenho: inclinação, intercepto, coeficiente de correlação, erro padrão de estimativa (EPE), erro puro (EP), coeficiente de variação (CV%) além do viés, limites de concordância e tendência na plotagem de Bland-Altman para as atividades “DVD”, “Escrever”, “Videogame” e “De pé”. Somente as equações Corder 3 e Puyau foram avaliadas nestas atividades, uma vez que apenas estes modelos incluíram atividades de características sedentárias no seu desenvolvimento. Todas as equações

apresentaram diferença estatisticamente significativa tanto na inclinação quanto no intercepto ($P < 0,05$). Para estas atividades, os coeficientes de correlação variaram amplamente ($r = -0,07$ a $0,31$), assim como o erro puro ($16,8$ a $75,0 \text{ J.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) e coeficiente de variação (-570 a $47,2\%$). Amplos intervalos foram identificados pelos limites de concordância encontrados nas diferentes atividades. Observou-se tendência em todas as atividades sedentárias, com exceção do modelo proposto por Corder 3, o qual apresentou tendência apenas na atividade “DVD”.

Tabela 9- Análise de desempenho: inclinação, intercepto, coeficiente de desempenho (r), erro padrão da estimativa (EPE), erro puro (EP), coeficiente de variação (CV%), viés, limites de concordância e tendência nas atividades sedentárias para as equações de Corder 3 e Puyau.

Equações	Inclinação	Intercepto	r	EPE	EP	CV%	Concordância		
							Viés	Limites	Tendência
DVD									
Corder 3	-0,08 ^a	1,4 ^b	0,09	17,5	17,9	-514	4,8	60,2;-50,0	-0,23*
Puyau	1,58 ^a	-23,6 ^b	-0,07	24,5	75,0	31,8	-22,7	68,9;-26,7	0,99*
Escrever									
Corder 3	0,19 ^a	12,5 ^b	0,17	21,9	16,8	-458	16,4	60,5;-27,7	-0,01
Puyau	24,5 ^a	-505,7 ^b	-0,01	36,2	73,6	47,2	-33,2	102;-39,2	0,99*
Videogame									
Corder 3	0,07 ^a	14,6 ^b	0,07	19,2	17,6	-570	17,5	70,7;-35,3	0,12
Puyau	3,0 ^a	236,2 ^b	0,13	27,1	75,0	35,6	-35,4	90,8;-23,4	0,99*
De pé									
Corder 3	0,03 ^a	23,0 ^b	0,03	22,1	17,3	-552	26,6	84,6;-30,8	0,02
Puyau	7,0 ^a	-421,4 ^b	0,31	28,8	73,9	37,5	-43,7	100,7;-16,1	0,99*

Nota. ^aDiferente de 1 ($P < 0,05$) e ^bDiferente de 0 ($P < 0,05$). * $P < 0,05$.

Na atividade “Caminhada a 2 km/h”, nenhum dos modelos avaliados apresentou diferença quanto à inclinação (tabela 10). No entanto, excetuando-se a equação de Corder 2, todas apresentaram diferença significativa quanto ao intercepto. Os coeficientes de correlação variaram de $r = 0,01$ a $r = 0,10$ e o erro puro de $56,9$ a $292,7 \text{ J.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$. A diferença entre o menor ($8,6\%$) e o maior valor ($48,4\%$) de coeficiente de variação, foi de $39,8$ pontos percentuais. Na análise de concordância, o menor viés foi identificado na equação proposta por Puyau. Além

disso, observou-se tendência em todas as equações avaliadas, variando de $r = -0,54$ a $r = 0,60$.

Tabela 10- Análise de desempenho das equações: inclinação, intercepto, coeficiente de correlação (r), erro padrão da estimativa (EPE), erro puro (EP), coeficiente de variação (CV%), viés, limites de concordância e tendência na atividade “Caminhada a 2 km/h”.

Equações	Inclinação	Intercepto	r	EPE	EP	CV%	Concordância		
							Viés	Limites	Tendência
Corder 1	0,05	80,4 ^b	0,1	26,0	292,7	8,6	-194,5	-102,1;-304,3	-0,49*
Corder 2	0,17	61,8	0,1	26,0	195,2	13,0	-97,0	-47,0;-159,4	0,44*
Corder 3	0,03	95,5 ^b	0,04	26,1	56,9	48,4	45,8	127,7;-41,1	-0,33*
Trost	0,007	96,2 ^b	0,01	26,0	168,1	15,1	-70,1	30,7;-181,9	-0,54*
Puyau	0,28	64,3 ^b	0,1	26,0	97,9	25,7	-0,13	50,0;-57,6	0,60*

Nota. ^aDiferente de 1 ($P < 0,05$) e ^bDiferente de 0 ($P < 0,05$). * $P < 0,05$.

Na atividade “Caminhada a 4 km/h” (tabela 11), a inclinação, em nenhuma das equações, diferiu da reta de identidade. No entanto, com relação ao intercepto, todos os modelos avaliados apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$). O erro puro e o coeficiente de variação, variaram de 185,8 a 649,4 $J.kg^{-1}.min^{-1}$ e de 5,34 a 18,6%. A análise de concordância indicou presença tendência em todas as equações exceto ao modelo de Trost ($r = 0,09$; $P > 0,05$).

Tabela 11- Análise de desempenho das equações: inclinação, intercepto, coeficiente de correlação (r), erro padrão da estimativa (EPE), erro puro (EP), coeficiente de variação (CV%), viés, limites de concordância e tendência na atividade “Caminhada a 4 km/h”.

Equações	Inclinação	Intercepto	r	EPE	EP	CV%	Concordância		
							Viés	Limites	Tendência
Corder 1	0,02	151,9 ^b	0,04	35,6	649,4	5,3	-483,5	-341,3;-660,9	-0,59*
Corder 2	0,06	145,1 ^b	0,04	35,6	308,2	11,2	-142,6	-69,3;-233,3	0,37*
Corder 3	0,04	153,1 ^b	0,06	35,6	261,8	13,2	-96,2	11,5;-219,1	-0,31*
Trost	-0,01	169,1 ^b	0,01	35,7	321,7	10,7	-156,0	-68,5;-261,7	0,09
Puyau	0,08	149,7 ^b	0,04	35,6	185,8	18,6	-20,5	50,9;-103,1	0,57*

Nota. ^aDiferente de 1 ($P < 0,05$) e ^bDiferente de 0 ($P < 0,05$). * $P < 0,05$.

Todas as equações diferiram da reta de identidade quanto à inclinação para a atividade “Voleibol” (tabela 12), enquanto as equações de Corder 2, Corder 3 e Trost diferiram quanto ao intercepto. Os coeficientes de correlação e erro puro variaram de $r = 0,49$ a $r = 0,64$ e de 129,6 a 432,3 $J.kg^{-1}.min^{-1}$, respectivamente. A diferença entre o menor coeficiente de variação (15,8%) e o maior (53,5%), foi da ordem de 37,6 pontos percentuais. Observou-se tendência na equação de Corder 3.

Tabela 12- Análise de desempenho das equações: inclinação, intercepto, coeficiente de correlação (r), erro padrão da estimativa (EPE), erro puro (EP), coeficiente de variação (CV%), viés, limites de concordância e tendência na atividade “Voleibol”.

Equações	Inclinação	Intercepto	r	EPE	EP	CV%	Concordância		
							Viés	Limites	Tendência
Corder 1	0,5 ^a	46,0	0,64	70,4	432,3	15,8	-161,0	3,0;-351,6	-0,32*
Corder 2	1,5 ^a	-120,9 ^b	0,64	70,4	238,1	28,6	32,2	167,7;-119,5	0,65*
Corder 3	0,7 ^a	166,6 ^b	0,58	74,3	132,8	53,5	137,1	280,6;-17,2	0,16
Trost	0,7 ^a	84,4 ^b	0,49	79,7	228,2	33,7	60,1	191,3;-123,1	0,34*
Puyau	2,0 ^a	-8,9	0,64	70,4	129,6	51,5	139,0	282,9;-15,5	0,77*

Nota. ^aDiferente de 1 ($P < 0,05$) e ^bDiferente de 0 ($P < 0,05$). * $P < 0,05$.

A única equação cuja inclinação foi diferente da reta de identidade para a atividade “Corrida a 7,2km” (tabela 13), foi o modelo de Trost. Quanto ao intercepto, todos os modelos diferiram da reta de identidade. Os coeficientes de

correlação apresentaram amplitude de $r = 0,16$ a $r = 0,29$. O erro puro apresentou ampla variação (343,4 a 1302 $\text{J.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$). A análise de concordância indicou presença de tendência nas equações de Corder 3 e Puyau.

Tabela 13- Análise de desempenho das equações: inclinação, intercepto, coeficiente de correlação (r), erro padrão da estimativa (EPE), erro puro (EP), coeficiente de variação (CV%), viés, limites de concordância e tendência na atividade “Corrida a 7,2 km/h”.

Equações	Inclinação	Intercepto	r	EPE	EP	CV%	Concordância		
							Viés	Limites	Tendência
Corder 1	0,07	398,4 ^b	0,17	104,5	1302	7,6	-817,3	-407,6;-1328,2	-0,61*
Corder 2	0,24	372,6 ^b	0,17	104,5	510,8	19,3	-27,3	194,4;-265,8	0,38*
Corder 3	0,15	399,3 ^b	0,18	104,2	648	15,2	-163,8	113,3;-454,3	-0,15
Trost	0,30 ^a	315,6 ^b	0,29	101,2	595,4	16,0	-111,4	118,8;-367,4	0,06
Puyau	0,31	389,9 ^b	0,17	104,5	343,4	28,5	138,9	356,4;-77,6	0,55*

Nota. ^aDiferente de 1 ($P < 0,05$) e ^bDiferente de 0 ($P < 0,05$). * $P < 0,05$.

Apenas a equação de Corder 3 diferiu da reta de identidade para o intercepto da regressão, enquanto todos os modelos avaliados diferiram quanto à inclinação para a atividade “Futebol” (tabela 14). Os coeficientes de correlação variaram de $r = 0,48$ a $r = 0,55$ enquanto o erro puro variou de 246,8 a 929,7 $\text{J.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$. O maior coeficiente de variação (53,3%) foi encontrado na equação propostas por Puyau. Na análise de concordância, apenas a equação proposta por Corder 1 não indicou tendência ($r = -0,04$; $P > 0,05$).

Tabela 14- Análise de desempenho das equações: inclinação, intercepto, coeficiente de correlação (r), erro padrão da estimativa (EPE), erro puro (EP), coeficiente de variação (CV%), viés, limites de concordância e tendência na atividade “Futebol”.

Equações	Inclinação	Intercepto	r	EPE	EP	CV%	Concordância		
							Viés	Limites	Tendência
Corder 1	0,46 ^a	124,4	0,49	145,3	929,7	14,6	-367,4	-71,2;-746,4	-0,04
Corder 2	1,4 ^a	-29,1	0,49	145,0	389,0	34,5	170,0	452,4;-122,4	0,82*
Corder 3	0,86 ^a	185,6 ^b	0,51	143,3	428,3	31,0	131,2	403,9;-156,7	0,51*
Trost	1,2 ^a	8,7	0,55	138,5	434,5	29,5	125,2	388,9;-154,7	0,68*
Puyau	1,8 ^a	73,8	0,48	145,3	246,8	53,3	309,1	606,1;20,9	0,88*

Nota. ^aDiferente de 1 ($P < 0,05$) e ^bDiferente de 0 ($P < 0,05$). * $P < 0,05$.

Para a atividade de “Basquetebol” (tabela 15) foi observada diferença na inclinação em todas as equações e no intercepto para os modelos Corder 2, Trost e Puyau. Os coeficientes de correlação variaram de $r = 0,58$ a $r = 0,70$ e, o menor valor para o erro puro foi observado no modelo de Puyau ($267,8 \text{ J.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$). Os coeficientes de variação apresentaram amplitude de 11,0 a 40,8%. Na análise de concordância a única equação que não apresentou tendência foi a de Corder 3.

Tabela 15- Análise de desempenho das equações: inclinação, intercepto, coeficiente de correlação (r), erro padrão da estimativa (EPE), erro puro (EP), coeficiente de variação (CV%), viés, limites de concordância e tendência na atividade “Basquetebol”.

Equações	Inclinação	Intercepto	r	EPE	EP	CV%	Concordância		
							Viés	Limites	Tendência
Corder 1	0,34 ^a	168,2 ^b	0,58	121,4	1009	11,0	-491,0	-145,6;-952	-0,45*
Corder 2	1,08 ^a	54,2	0,58	121,0	413,8	26,8	101,5	329,2;-144,2	0,61*
Corder 3	0,63 ^a	217,5 ^b	0,61	119,0	476,5	23,0	39,38	279,4;-229	0,17
Trost	0,99 ^a	29,7	0,7	108,4	468,1	21,2	47,7	245,4;-176,8	0,43*
Puyau	1,3 ^a	130,7	0,58	121,4	267,8	40,8	245,1	489,2;6,6	0,96*

Nota. ^aDiferente de 1 ($P < 0,05$) e ^bDiferente de 0 ($P < 0,05$). * $P < 0,05$.

Tanto a inclinação quanto o intercepto na atividade “Pular corda” (tabela 16) diferiram da reta de identidade em todas as equações. Os coeficientes de correlação foram semelhantes em todos os modelos, posicionando-se próximos a $r = 0,60$. O erro puro e o coeficiente de variação tiveram amplitudes entre 313,6 a 1204 $\text{J.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ e 7,0 a 26,6%, respectivamente. Na análise de concordância, apenas na equação de Corder 2 não foi observada tendência.

Tabela 16- Análise de desempenho das equações: inclinação, intercepto, coeficiente de correlação (r), erro padrão da estimativa (EPE), erro puro (EP), coeficiente de variação (CV%), viés, limites de concordância e tendência na atividade “Pular corda”.

Equações	Inclinação	Intercepto	r	EPE	EP	CV%	Concordância		
							Viés	Limites	Tendência
Corder 1	0,19 ^a	243,9 ^b	0,59	111,65	1204	7,0	-775,8	-328;-1750	-0,86*
Corder 2	0,64 ^a	180,4 ^b	0,59	111,65	459,6	18,3	-32,6	180,3;-302,3	0,05
Corder 3	0,3 ^a	277,4 ^b	0,6	110,96	613,2	13,6	-185,4	126,6;-651	-0,58*
Trost	0,3 ^a	263,6 ^b	0,56	114,6	554,8	15,6	-127,3	142,3;-513,5	-0,41*
Puyau	0,77 ^a	223,0 ^b	0,59	111,6	313,6	26,6	111,8	351,2;-92,6	0,31*

Nota. ^aDiferente de 1 ($P < 0,05$) e ^bDiferente de 0 ($P < 0,05$). * $P < 0,05$.

6 DISCUSSÃO

O objetivo da presente investigação foi avaliar a validade preditiva das equações para gasto energético desenvolvidas para acelerômetros uniaxiais ActiGraph 7164 em adolescentes de 10-15 anos, tendo como medida critério, a técnica de calorimetria indireta. Com a descontinuidade na produção e, conseqüentemente, a impossibilidade de aquisição de acelerômetros uniaxiais ActiGraph 7164 ou GT1M, bem como, a ausência de equações desenvolvidas para os equipamentos mais novos da marca (GT3X), avaliamos a validade preditiva das equações desenvolvidas para o modelo 7164, utilizando apenas os valores do eixo vertical do ActiGraph GT3X (triaxial).

As características dos adolescentes no presente estudo, quanto à idade 12,5 (1,3) anos, a proporção de meninos na amostra (50,6%), massa corporal 48,5 (10,7) kg e estatura 156,3 (8,8) cm foram semelhantes às aquelas encontradas nos estudos originais de desenvolvimento de equações 12,4 (0,2) anos⁽¹⁴⁾, (53,8%)⁽¹⁶⁾, 49,7 (10,8) kg⁽¹⁵⁾ e 154 (0,1) cm⁽¹⁷⁾, muito embora a utilização de uma equação preditiva deva contemplar a heterogeneidade do grupo de indivíduos a serem avaliados.

O gasto energético de repouso encontrado no presente estudo 0,023 (0,006) kcal.kg⁻¹.min⁻¹, corroborou com outros previamente publicados 0,026 (0,004) kcal.kg⁻¹.min⁻¹⁽⁴⁰⁾ e 0,02 (0,003) kcal.kg⁻¹.min⁻¹⁽¹⁷⁾. Vale ressaltar que valores superestimados do gasto energético de repouso, gerados, sobretudo, pela excessiva movimentação durante sua mensuração, podem subestimar o gasto energético da atividade (GEA), uma vez que, os valores obtidos em cada uma delas, são subtraídos dos valores encontrados no repouso, com o intuito de, isoladamente, conhecer o gasto energético daquela atividade em específico.

Ao longo do protocolo, o gasto energético médio em atividades como “DVD” 4,5 (0,8) kJ.min⁻¹, “Videogame” 0,003 (0,004) kcal.kg⁻¹.min⁻¹ além da “Caminhada a 4 km/h” 0,039 (0,008) kcal.kg⁻¹.min⁻¹ e “Basquetebol” 6,2 (2,0) kcal.min⁻¹ também apresentaram valores médios de gasto energético semelhantes a estudos de validação e/ou desenvolvimento de equações 4,6 (1,2) kJ.min⁻¹⁽³⁹⁾, 0,005 (0,002) kcal.kg⁻¹.min⁻¹⁽¹⁶⁾, 0,046 (0,008) kcal.kg⁻¹.min⁻¹⁽¹⁶⁾ e 7,0 (3,7) kcal.min⁻¹⁽⁴³⁾.

Por outro lado, os valores médios de *counts* por minuto em algumas atividades encontradas na presente investigação apresentaram valores discrepantes

quando comparados a outros estudos, como nas atividades de característica sedentária “DVD” 10,8 (28,3) *counts*/min vs. 1,7 (3,5) *counts*/min⁽³⁹⁾ e na atividade “Videogame” 11,3 (24,4) *counts*/min vs. 2,2 (6,5) *counts*/min⁽³⁹⁾. As diferenças nos valores médio dos *counts* podem, pelo menos em parte, ser explicadas pelos diferentes procedimentos metodológicos utilizados, sobretudo, com relação ao protocolo das atividades e pelo intervalo (*epoch*) utilizado para as coletas. Nesse sentido, o *epoch* de 15 s utilizado neste estudo é equivalente ao utilizado por Corder *et al.* (2005) e, inferior aos estudos de desenvolvimento de algumas equações, os quais utilizaram intervalos de 60 s^(16,17). Uma única equação foi desenvolvida com *epoch* inferior ao utilizado neste estudo, onde os *counts* foram coletados em intervalos de 10 s⁽¹⁴⁾.

Em estudos de validação de equações, Trost *et al.* (2006) avaliaram três equações preditivas de gasto energético em três diferentes atividades de locomoção em *epochs* de 5 s. Da mesma forma, estudo conduzido por Wickel *et al.* (2007) utilizou intervalos de 5 s para avaliar a validade preditiva de uma equação em cinco diferentes velocidades de locomoção. Dois outros estudos, no entanto, realizados por Eisenmann *et al.* (2004) e Nilsson *et al.* (2008) utilizaram *epoch* de 60 s para validar equações em atividades como boliche, basquetebol, entre outras. Vale ressaltar que *epochs* mais curtos podem, potencialmente, gerar informações mais detalhadas das atividades, por proporcionar uma maior frequência de contagem de *counts* em um mesmo minuto.

Dentre as atividades analisadas neste estudo, a atividade “Escrever” foi a que apresentou menores valores médios de *counts* por minuto 0,8 (4,0), embora o gasto energético não tenha sido proporcionalmente menor quando comparado às outras atividades de característica sedentária. Este fato pode ser explicado, pelo menos em parte pela característica da atividade, onde o avaliado evita realizar movimentos os quais comprometeriam a escrita ou, ainda, o avaliado não interage com o colega e/ou com os avaliadores durante a execução da tarefa.

Entre as atividades de característica sedentária, a variação do gasto energético mensurado pela calorimetria indireta não foi proporcional à variação dos *counts* mensurados mediante acelerometria, os quais apresentaram apenas discreta variação, gerando valores preditos para cada equação muito semelhantes entre as atividades. Além disso, em geral, os valores preditos, superestimaram os valores obtidos pela calorimetria indireta, com ampla variação entre as equações. A exceção

foi o modelo proposto por Corder 3, o único que apresentou subestimação em todas as atividades sedentárias realizadas. Uma possível explicação, talvez esteja relacionada ao fato de ter havido, segundo os próprios autores da equação em questão, superestimação, da frequência cardíaca de repouso dos adolescentes avaliados⁽¹⁴⁾. Considerando a relação entre o consumo de oxigênio e frequência cardíaca, é plausível supor uma superestimação no gasto energético durante o repouso. Assim, o gasto energético da atividade ($GEA = GE - GER$) seria, conseqüentemente, subestimado. Outra possível explicação pode estar associada à estatura dos adolescentes na presente investigação, em média, 6,5 cm maior quando comparados aos adolescentes avaliados no estudo original. Embora não haja, no estudo original, dados quanto ao comportamento do modelo com o ingresso da variável estatura, em uma análise de simulação, os valores preditos pela equação de Corder 3 para as atividades “DVD”, “Escrever”, “Videogame” e “De pé” apresentariam médias 3,5 (2,8); 10,5 (0,4); 13,6 (2,4) e 18,4 (3,1) $J.kg^{-1}.min^{-1}$, mais próximas àquelas observadas pela calorimetria indireta 1,5 (17,3); 12,0 (21,9); 14,2 (18,9) e 23,0 (21,7) $J.kg^{-1}.min^{-1}$ se a estatura média dos adolescentes avaliados neste estudo fosse, em média, de 150 cm.

De maneira geral, a superestimação do gasto energético em atividades sedentárias pode, pelo menos em parte, estar associada à realização de pequenos movimentos os quais geram contagem de *counts*, sem que haja necessariamente um aumento no gasto energético da atividade⁽⁶⁸⁾. Dentre as atividades não sedentárias, o “Voleibol” e o “Futebol” foram as mais frequentemente subestimadas pelas diferentes equações. Na simulação do voleibol em quadra reduzida, apesar do gasto energético observado pela calorimetria indireta nesta atividade representar valores 64% maiores do que na atividade de “Caminhada a 4 km/h”, a média de *counts* nessa atividade representou pouco mais de 52% dos *counts* da caminhada. Este fato pode se explicado, pelo menos em parte, pela característica das atividades utilizadas no desenvolvimento das equações, as quais, não raramente, restringem-se a atividades de locomoção, como caminhadas e corridas. Dessa forma, a frequência de movimentos contínuos observadas nesse tipo de tarefa não são igualmente encontradas no voleibol, onde, há alternância entre períodos de deslocamento, muitas vezes curtos, e períodos de espera, geralmente com pouco movimento.

Da mesma forma para a atividade “Futebol”, apesar de apresentar um gasto energético médio medido por calorimetria indireta superior a da “Corrida a 7,2 km/h” (586,9 vs. 505,8 J.kg⁻¹.min⁻¹), mesmo comportamento não foi verificado quanto à média de *counts*.min⁻¹ acumulados (6896 vs. 4670), quase 48% menor na atividade “Futebol”. Muito embora boa parte do tempo dessa atividade seja utilizada para o deslocamento, a diferença no padrão de deslocamento com bola, com os membros inferiores envolvidos na tarefa (condução e chute) e eventuais períodos de espera podem ter influenciado na subestimação do gasto energético predito pelas equações nessa atividade, especificamente.

Os resultados encontrados na presente investigação, sugerem uma superestimação dos valores de gasto energético preditos por pelo menos três das cinco equações analisadas, nas duas velocidades de caminhada (2 e 4 km/h), bem como na corrida. A equação de Trost superestimou o gasto energético em 75 e 98% nas caminhadas de 2 e 4 km/h, além de superestimar em 24,5% o gasto energético na corrida. Apesar da diferença na magnitude da superestimação, em estudo de validação de equações preditivas⁽¹²⁾, os autores também encontraram valores superestimados na ordem de 23,3 e 13,3%, durante duas caminhadas a velocidades de 5,4 e 6,7 km/h, respectivamente, no modelo proposto por Trost em 1998. Contudo, em velocidades mais elevadas (10 e 12,7 km/h), os pesquisadores observaram subestimação dos valores preditos em relação ao observado pela calorimetria indireta. Uma das possíveis explicações para a superestimação do gasto energético nessas atividades, pode estar associada à utilização de esteiras para a execução das caminhadas e corridas, no estudo original de desenvolvimento da equação, em relação à realização destas atividades em piso na presente investigação. Aparentemente, há uma diferença entre os mecanismos de marcha em atividades de deslocamento quando realizados em esteira vs. piso, onde, a uma mesma velocidade, o comprimento da passada, disposição vertical do corpo e a força de reação vertical são menores na esteira quando comparados a pisos^(69,70). Assim, os *counts* acumulados nas atividades realizadas em esteira seriam menores do que aqueles realizados em pisos, superestimando o gasto energético quando os *counts* são aplicados às equações.

Além das caminhadas e corrida, na atividade “Pular corda” se observou superestimação do gasto energético, em quatro das cinco equações analisadas. Mesmo apresentando gasto energético semelhante ao do “Futebol”, a

média de *counts*/min acumulada pelos adolescentes pulando corda foi cerca de 55% superior à média observada na atividade com bola. Este fato pode ser explicado, pelo menos em parte, pela diferença entre a aceleração necessária na realização dos saltos sobre a corda e aquela exigida numa caminhada ou corrida. Assim, considerando que os equipamentos de acelerometria realizam cálculos a partir da aceleração, no sentido de gerar valores proporcionais a elas, seria plausível supor que, os valores médios de *counts* na atividade de “Pular corda” pudesse, de fato, ser superior aos encontrados nas atividades de caminhada e/ou corrida. A única exceção de superestimação na atividade “Pular corda” foi a equação proposta por Puyau, a qual, além de subestimar esta atividade, ainda o fez para “Voleibol”, “Corrida a 7,2 km/h”, “Futebol” e “Basquetebol”. A subestimação de atividades não sedentárias com superestimação de atividades sedentárias por esta equação, pode, ao menos em parte, ser explicada pela inserção de atividades sedentárias e/ou de muito baixa intensidade combinadas a atividades de alta intensidade em um mesmo modelo^(12,71).

O erro puro encontrado na presente investigação para a equação de Puyau (0,01; 0,03 e 0,07 kcal.kg⁻¹.min⁻¹) nas atividades de “Caminhada a 2 e 4 km/h” e “Corrida a 7,2 km/h” foram superiores aos encontrados no estudo de Trost *et al.*⁽¹²⁾ (0,01; 0,025 e 0,054 kcal.kg⁻¹.min⁻¹), nas velocidades de 5,4; 6,7 e 10 km/h, respectivamente. Da mesma forma, os valores de erro puro obtidos para a equação de Trost na presente investigação (1,9; 2,6 e 6,7 kcal.min⁻¹) foram superiores aos relatados na investigação supracitada (1,2; 1,5 e 1,8 kcal.min⁻¹).

A equação de Trost, na presente investigação superestimou as “Caminhadas a 2 e 4 km/h” e “Corrida a 7,2 km/h”. No estudo mencionado⁽¹²⁾, os valores médios de gasto energético predito pela equação, foram também, superiores nas duas menores velocidades de locomoção (5,4 e 6,7 km/h). Entretanto, na corrida rápida (12,7 km/h), a equação subestimou os valores obtidos na calorimetria indireta. Uma provável explicação para este fato é que, em velocidades mais elevadas, as diferenças entre o padrão de marcha em esteira e aquela realizada em solo, parecem ser minimizadas⁽⁷⁰⁾.

A dispersão dos pontos na plotagem de Bland-Altman, em cada uma das atividades nas equações avaliadas apontou tendência de maior ou menor magnitude de superestimação e/ou subestimação de acordo com o gasto energético. Cada uma das equações apresentou pelo menos cinco atividades cuja tendência

fora observada, além de apresentarem intervalos de concordância amplos. Considerando a análise individual, dentre os modelos investigados, a equação de Corder 1 foi a única a superestimar, em todas as atividades, os valores médios de gasto energético.

A segunda equação (Corder 2), obteve melhor resultado na atividade “Voleibol”, onde, a diferença entre valores observados e preditos não foram estatisticamente significantes. Além disso, nas atividades “Corrida a 7,2 km/h” e “Pular corda” apresentou os menores valores de viés, com diferença entre valores médios em termos percentuais de 7,0 e -11,0%, respectivamente. No entanto, de maneira geral, a referida equação não parece ser uma boa alternativa para a estimativa de atividades de locomoção a baixa velocidade (até 4 km/h), uma vez que superestimou em mais de 90% o gasto energético médio, nas velocidades de 2 e 4 km/h.

A terceira equação (Corder 3) subestimou todas as atividades sedentárias e na atividade de “Basquetebol” a diferença percentual entre valores médios observados e preditos foi de -5,1%. Adicionalmente, tal equação superestimou as atividades de locomoção com velocidades mais elevadas, “Caminhada a 4 km/h” e “Corrida a 7,2 km/h”, além da atividade “Pular corda”. As subestimações identificadas nessa equação ocorreram nas atividades de “Caminhada a 2 km/h”, “Voleibol” e “Futebol”.

O modelo proposto por Trost, não apresentou diferença significativa entre os valores observados pela calorimetria indireta e preditos na atividade “Basquetebol”, com diferença percentual de -6,7%. Essa equação, também, foi capaz de prever o gasto energético da atividade “Voleibol” com subestimação de 13,2%. De modo geral, observou-se tendência de superestimação das atividades de locomoção “Caminhada a 2 km/h” (75,7%), “Caminhada a 4 km/h” (98,7%) e, em menor magnitude, na “Corrida a 7,2 km/h” (24,5%), além da atividade “Pular corda” (33,9%).

Finalmente, a equação proposta por Puyau obteve melhor resultado na atividade de “Caminhada a 2 km/h” cuja diferença entre valores médios mensurados pela calorimetria indireta e preditos pela equação foi relativamente semelhante com diferença percentual de 2,74%. Além disso, na atividade de “Caminhada a 4 km/h” essa equação apresentou menores valores de viés e erro

puro, com diferença entre valores médios de gasto energético observados e predito, em torno de 15% .

Dentre as possíveis limitações da presente investigação, vale destacar que, o equipamento aqui utilizado, consiste em um modelo mais atual (GT3X) e que, apesar das informações do próprio fabricante de que os resultados obtidos sejam semelhantes entre modelos uniaxiais (7164 vs. GT1M) e entre (GT1M vs GT3X), as comparações diretas entre os modelos (7164 e GT3X), aparentemente, não estão disponíveis até o momento. Assim, não é possível afirmar que, os *counts* médios encontrados no equipamento utilizado sejam, de fato, semelhantes aos do modelo originalmente utilizado no desenvolvimento das equações. Outra possível limitação, consiste na utilização *epochs* de 15 s em detrimento à intervalos mais curtos, como 5 ou 1 s. Como já mencionado, a adoção de *epochs* mais curtos fornece dados mais detalhados do comportamento da atividade em um mesmo minuto. Assim, é possível que tenha havido alguma perda de informação por conta da adoção de intervalos de 15 s, embora as atividades tenham sido relativamente estruturadas. Adicionalmente, considerando as atividades realizadas, é possível que uma corrida mais vigorosa do que a realizada na presente investigação (7,2 km/h), pudesse, eventualmente, trazer informações adicionais, uma vez que, estudos indicam uma possível mudança de comportamento de algumas equações em superestimar/subestimar o gasto energético em velocidades mais elevadas de corrida.

Embora algumas equações tenham se mostrado válidas para uma ou outra atividade em específico, a ampla variação entre os valores obtidos pela calorimetria indireta e aqueles encontrados pelas equações bem como a fragilidade quanto à superestimação e/ou subestimação na análise de desempenho das equações, sugerem cautela na utilização destes modelos para prever o gasto energético da atividade, em adolescentes. Uma aparente “pequena” diferença pode não refletir a real dimensão do erro, quando observado em pequena escala.

7 CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo sugerem que a equação de Corder 2 parece ser válida para a atividade de “Voleibol”. Além disso, tal equação apresentou bom desempenho também nas atividades de “Corrida a 7,2 km/h” e “Pular corda”. Por outro lado, a equação de Corder 3 parece válida para a atividade “Basquetebol”, assim como, a equação de Trost. Por fim, o modelo de Puyau parece válido para a “Caminhada a 2 km/h”, além de ser a melhor opção na velocidade de 4 km/h.

REFERÊNCIAS

1. KRUK, J. Physical activity in the prevention of the most frequent chronic diseases: an analysis of the recent evidence. **Asian Pac J Cancer Prev.**, v.8, n.3, p.325-38, 2007
2. OMS. **Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks.** Genebra: WHO Press, 2009.
3. TWISK, J.W. Physical activity guidelines for children and adolescents: a critical review. **Sports Med.**, v.31, n.8, p. 617-27, 2001.
4. HALLAL, .P.C. et al. Adolescent physical activity and health: a systematic review. **Sports Med.**, v.36, n. 12, p.1019-1030, 2006.
5. EPSTEIN, L.H. et al. Decreasing sedentary behaviors in treating pediatric obesity. **Arch Pediatr Adolesc Med.**, v. 154, n. 3, p. 220-226, 2000.
6. REICHERT, F.F. et al. Physical activity as a predictor of adolescent body fatness: a systematic review. **Sports Med.**, v.39, n. 4, p. 279-294, 2009.
7. SIRARD, J.R.; PATE, R.R. Physical activity assessment in children and adolescents. **Sports Med.**, v.31, n. 6, p. 439-454, 2001.
8. ARMSTRONG, N.; WELSMAN, J.R. The physical activity patterns of European youth with reference to methods of assessment. **Sports Med.**, v. 36, n. 12, p. 1067-1086. 2006.
9. ROWLANDS, A.V. Accelerometer assessment of physical activity in children: an update. **Pediatr Exerc Sci.**, v. 19, n. 3, p. 252-266, 2007.
10. HANDS, B.; PARKER, H.; LARKIN, D. Physical activity measurement methods for young children: a comparative study. **Meas Phys Educ Exerc Sci.**, v.10, n. 3, p. 203-214, 2006.
11. REILLY, J.J. et al. Validation of Actigraph accelerometer estimates of total energy expenditure in young children. **Int J Pediatr Obes.**, v.1, n. 3, p. 161-167, 2006.
12. TROST, S.G.; WAY, R.; OKELY, A.D. Predictive validity of three ActiGraph energy expenditure equations for children. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 38, n. 2, p.380-387, 2006.
13. DE VRIES, S.I. et al. Validity and reproducibility of motion sensors in youth: a systematic update. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 41, n. 4, p. 818-827, 2009.
14. CORDER, K. et al. Comparison of two methods to assess PAEE during six activities in children. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 39, n. 12, p. 2180-2188, 2007.
15. CORDER, K.; BRAGE, S.; WAREHAM, N.J.; EKELUND, U. Comparison of PAEE from combined and separate heart rate and movement models in children. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 37, n. 10, p. 1761-1767, 2005.

16. PUYAU, M.R.; ADOLPH, A.L.; VOHRA, F.A.; BUTTE, N.F. Validation and calibration of physical activity monitors in children. **Obes Res.**, v. 10, n. 3, p. 50-57, 2002.
17. TROST, S.G.; WARD, D.S.; MOOREHEAD, S.M.; WATSON, P.D.; RINER, W.; BURKE, J.R. Validity of the computer science and applications (CSA) activity monitor in children. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 30, n. 4, p. 629-633, 1998.
18. HALLAL, P.C. et al. [Evolution of the epidemiological research on physical activity in Brazil: a systematic review]. **Rev Saude Publica**, v.41, n. 3, p. 453-460, 2007.
19. DOLLMAN J. et al. A hitchhiker's guide to assessing young people's physical activity: Deciding what method to use. **J Sci Med Sport**, v.12, n. 5, p. 518-525, 2009.
20. HUSSEY, J.; CHRISTOPHER, B.; JOHN, G. The measurement of physical activity in children. **Physical Therapy Reviews**, v.12, p.52-58, 2007.
21. FARIAS JUNIOR, J.C.; LOPES, ADA S.; FLORINDO, A.A.; HALLAL, P.C. Validity and reliability of self-report instruments for measuring physical activity in adolescents: a systematic review. **Cad Saude Publica**, v. 26, n. 9, p. 1669-1691, 2010.
22. WARREN, J.M. et al. Assessment of physical activity – a review of methodologies with reference to epidemiological research: a report of the exercise physiology section of the European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. **Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.**, v.17, p.127-139. 2010.
23. MCCLAIN, J.J. et al. Epoch length and accelerometer outputs in children: comparison to direct observation. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 40, n. 12, p. 2080-2087, 2008.
24. PUHL, J.; GREAVES, K.; HOYT, M.; BARANOWSKI, T. Children's Activity Rating Scale (CARS): description and calibration. **Res Q Exerc Sport**, v. 61, n. 1, p. 26-36, 1990.
25. MCKEE, D.P. et al. Validation of the Digiwalker pedometer for measuring physical activity in young children. **Pediatr Exerc Sci.**, v.17, p. 345-352, 2005.
26. SIRARD, J.R. et al. Calibration and evaluation of an objective measure of physical activity in preschool children. **J Phys Act Health**, v. 3, p. 345-357, 2005.
27. SCHOELLER, D.A. et al. Energy expenditure by doubly labeled water: validation in humans and proposed calculation. **Am J Physiol.**, v. 250, 05 Pt 2, p. 823-830, 1986.
28. SCHOELLER, D.A.; WEBB, P. Five-day comparison of the doubly labeled water method with respiratory gas exchange. **Am J Clin Nutr.**, v. 40, n. 1, p. 153-158, 1984.
29. MURGATROYD, P.R.; SHETTY, P.S.; PRENTICE, A.M. Techniques for the measurement of human energy expenditure: a practical guide. **Int J Obes Relat Metab Disord.**, v.17, n. 10, p. 549-568, 1993.

30. MCARDLE, W.D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. **Fisiologia do Exercício**. Energia, Nutrição e Desempenho Humano. 5. ed. Rio de Janeiro: Ed.Guanabara Koogan, 2003.
31. MCCLAIN, J.J.; TUDOR-LOCKE, C. Objective monitoring of physical activity in children: considerations for instrument selection. **J Sci Med Sport**, v.12, n. 5, p. 526-533, 2009.
32. TUDOR-LOCKE, C. et al. Controlled outcome evaluation of the First Step Program: a daily physical activity intervention for individuals with type II diabetes. **Int J Obes Relat Metab Disord**, v. 28, n. 1, p. 113-119, 2004.
33. ROEMMICH, J.N.; GURGOL, C.M.; EPSTEIN, L.H. Open-loop feedback increases physical activity of youth. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 36, n. 4, p. 668-673, 2004.
34. CLIFF, D.P.; REILLY, J.J.; OKELY, A.D. Methodological considerations in using accelerometers to assess habitual physical activity in children aged 0-5 years. **J Sci Med Sport**, v.12, n. 5, p. 557-567, 2009.
35. CHEN, K.Y.; BASSETT JR., D.R. The technology of accelerometry-based activity monitors: current and future. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 37, 11 Suppl., p. S490-500, 2005.
36. ROWLANDS, A.V.; ESTON, R.G. The measurement and interpretation of children's physical activity. **J Sports Sci & Med.**, v. 6, p. 70-76, 2007.
37. MATTOCKS, C. et al. Calibration of an accelerometer during free-living activities in children. **Int J Pediatr Obes.**, v. 2, n. 4, p. 218-226, 2007.
38. STONE, M.R.; ESLIGER, D.W.; TREMBLAY, M.S. Comparative validity assessment of five activity monitors: does being a child matter? **Pediatr Exerc Sci.**, v. 19, n. 3, p. 291-309, 2007.
39. SCHMITZ, K.H. et al. Predicting energy expenditure from accelerometry counts in adolescent girls. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 37, n. 1, p.155-161, 2005.
40. WICKEL, E.E.; EISENMANN, J.C.; WELK, G.J. Predictive validity of an age-specific MET equation among youth of varying body size. **Eur J Appl Physiol.**, v. 101, n.5, p.555-563, 2007.
41. LOUIE, L. et al. Validity of heart rate, pedometry, and accelerometry for estimating the energy cost of activity in Hong Kong Chinese boys. **Pediatr Exerc Sci.**, v.11, p. 229-239, 1999.
42. ESTON, R.G.; ROWLANDS, A.V.; INGLEDEW, D.K. Validity of heart rate, pedometry, and accelerometry for predicting the energy cost of children's activities. **J Appl Physiol.**, v. 84, n. 1, p. 362-371, 1998.
43. EISENMANN, J.C. et al. Validity of uniaxial accelerometry during activities of daily living in children. **Eur J Appl Physiol.**, v. 91, n. 2-3, p. 259-263, 2004.

44. GARCIA, A.W. et al. A comparison of accelerometers for predicting energy expenditure and vertical ground reaction force in school-age children. **Meas Phys Educ Exerc Sci.**, v. 8, n. 3, p. 119-144, 2004.
45. TREUTH, M.S. et al. Defining accelerometer thresholds for activity intensities in adolescent girls. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 36, n. 7, p.1259-1266, 2004.
46. CHU, B.B.; LAWSON, D.; NAUGHTON, G. Validation of the Computer Science and Applications (CSA) activity monitor as an objective measure of activity energy expenditure in Vietnamese adolescents. **Pediatr Exerc Sci.**, v. 15, p. 56-66, 2003.
47. EKELUND, U. et al. Physical activity assessed by activity monitor and doubly labeled water in children. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 33, n. 2, p. 275-281, 2001.
48. KELLY, L.A. et al. Comparison of two accelerometers for assessment of physical activity in preschool children. **Pediatr Exerc Sci.**, v. 16, p. 324-333, 2004.
49. FAIRWEATHER, S.C. et al. Using the Computer Science and Applications (CSA) activity monitor in preschool children. **Pediatr Exerc Sci.**, v.11, p. 413-420, 1999.
50. COE, D.; PIVARNIK, J.M. Validation of the CSA accelerometer in adolescent boys during basketball practice. **Pediatr Exerc Sci.**, v.13, p. 373-379, 2001.
51. PUYAU, M.R. et al. Prediction of activity energy expenditure using accelerometers in children. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 36, n. 9, p.1625-1631, 2004.
52. HEIL, D.P. Predicting activity energy expenditure using the Actical activity monitor. **Res Q Exerc Sport**, v. 77, n. 1, p. 64-80, 2006.
53. CHU, EYW.; MCMANUS, A.M.; YU, C.C.W. Calibration of the RT3 accelerometer for ambulation and nonambulation in children. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 39, n. 11, p. 2085-2091, 2007.
54. KAVOURAS, S.A.; SARRAS, S.E.; TSEKOURAS, Y.E.; SIDOSSIS, L.S. Assessment of energy expenditure in children using the RT3 accelerometer. **J Sports Sci.**, v. 26, n. 9, p. 959-966, 2008.
55. SUN, D.X.; SCHMIDT, G.; TEO-KOH, S.M. Validation of the RT3 accelerometer for measuring physical activity of children in simulated free-living conditions. **Pediatr Exerc Sci.**, v. 20, n. 2, p. 181-197, 2008.
56. HUSSEY, J. et al. Validation of the RT3 in the measurement of physical activity in children. **J Sci Med Sport**, v. 12, n. 1, p. 130-133, 2009.
57. VANHELST, J. et al. Calibration of the RT3 accelerometer for various patterns of physical activity in children and adolescents. **J Sports Sci.**, v. 28, n. 4, p. 381-387, 2010.
58. ROWLANDS, A.V. et al. Validation of the RT3 triaxial accelerometer for the assessment of physical activity. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 36, n. 3, p. 518-524, 2004.

59. KOZUB, F.M.; OH, H.K.; RIDER, R.A. RT3 accelerometer accuracy in estimating short term physical activity in individuals with visual impairments. **Adapt Phys Activ Q.**, v. 22, p. 265-276, 2005.
60. PATE, R.R. et al. Validation and calibration of an accelerometer in preschool children. **Obesity**, v. 14, n. 11, p. 2000-2006, 2006.
61. PFEIFFER, K.A. et al. Validation and calibration of the Actical accelerometer in preschool children. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 38, n. 1, p.152-157, 2006.
62. NILSSON, A. et al. Comparison of equations for predicting energy expenditure from accelerometer counts in children. **Scand J Med Sci Sports**, v.18, n.5, p. 643-650, 2008.
63. FREEDSON, P.; POBER, D.; JANZ, K.F. Calibration of accelerometer output for children. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 37, 11 Suppl, p. S523-530, 2005.
64. SALLIS, J.F. et al. The Caltrac accelerometer as a physical activity monitor for school-age children. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 22, n. 5, p. 698-703, 1990.
65. TROST, S.G. et al. Age and gender differences in objectively measured physical activity in youth. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 34, n. 2, p. 350-355, 2002.
66. GORDON, C.C.; CHUMLEA, W.C.; ROCHE, A.F. Stature, recumbent length, and weight. In: LOHMAN, T.G.; ROCHE, AF.; MARTORELL, R. (Ed.). **Anthropometric standardization reference manual**. Champaign: Human Kinetics, 1988. p. 3-8.
67. DE GRAAUW, S.M. et al. Review of prediction models to estimate activity-related energy expenditure in children and adolescents. **Int J Pediatr.**, 2010. 14 p.
68. CROUTER, S.E.; CLOWERS, K.G.; BASSETT JR, D.R. A novel method for using accelerometer data to predict energy expenditure. **J Appl Physiol.**, v.100, n. 4, p. 1324-1331, 2006.
69. WHITE, S.C.; YACK, H.J.; TUCKER, C.A.; LIN, H.Y. Comparison of vertical ground reaction forces during overground and treadmill walking. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 30, n. 10, p. 1537-1542, 1998.
70. YNGVE, A. et al. Effect of monitor placement and of activity setting on the MTI accelerometer output. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 35, n. 2, p.320-326, 2003.
71. BASSETT JR, D.R. et al. Validity of four motion sensors in measuring moderate intensity physical activity. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 32, 9 Suppl., p. S471-480, 2000.

ANEXOS

ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS
 Universidade Estadual de Londrina
 Registro CONEP 268

Parecer CEP/UEL:	146/2011
CAAE:	0133.0.268.000-11
Processo:	15607/2011
Folha de Rosto:	433771
Pesquisador (a):	Edilson Serpeloni Cyrino
Unidade/Órgão:	CEFE – Departamento de Educação Física
<p>Prezado (a) Senhor (a):</p> <p>O "Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina" (Registro CONEP 268) – de acordo com as orientações da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS e Resoluções Complementares, avaliou o projeto:</p> <p align="center">"VALIDAÇÃO DE EQUAÇÕES PREDITIVAS PARA ESTIMATIVA DO GASTO ENERGÉTICO DE ADOLESCENTES"</p>	
<p>Situação do Projeto: APROVADO</p> <p>Informamos que deverá ser comunicada, por escrito, qualquer modificação que ocorra no desenvolvimento da pesquisa, bem como deverá apresentar ao CEP/UEL relatório final da pesquisa.</p>	
<p align="center">Londrina, 01 de setembro de 2011.</p> <p align="center">  Prof. Dra. Paula Mariza Zedu Alliprandini Vice-coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos Universidade Estadual de Londrina </p>	

ANEXO B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Título da pesquisa:
“VALIDAÇÃO DE EQUAÇÕES PREDITIVAS PARA ESTIMATIVA DO GASTO ENERGÉTICO DE ADOLESCENTES”

Prezado(a) Senhor(a):

Gostaríamos de convidá-lo(a) a participar da pesquisa **“Validação de equações preditivas para estimativa do gasto energético de adolescentes”**, a ser realizada no município de Londrina/PR. O objetivo desta pesquisa será validar equações preditivas do gasto energético de equipamentos chamados “acelerômetros” em adolescentes de 10 a 14 anos em Londrina/PR. Tal equipamento tem por finalidade mensurar a quantidade de movimentos realizados por determinado segmento corporal não acarretando ao usuário qualquer tipo de desconforto ou dor.

Todas as avaliações serão realizadas no Centro de Educação Física e Esporte da Universidade Estadual de Londrina. Após conversa com a direção da escola, asseguramos que os jovens participantes não serão prejudicados no que se refere à frequência nas aulas. A assinatura deste termo permitirá que o jovem sob sua responsabilidade participe das seguintes atividades: (1) Medidas de peso, altura, frequência cardíaca em repouso; (2) Avaliação da quantidade de gordura corporal pelo método de medida de dobras cutâneas (Avaliação indolor e sem qualquer tipo de risco); (3) Avaliação do gasto energético de repouso coletado em jejum de no mínimo 2 h e do gasto energético durante as atividades (assistir DVD; Escrever; jogar videogame; em pé relaxado; caminhadas; voleibol, corrida; futebol, basquetebol; pular corda) as quais terão duração de 5 min cada e intervalos de 5 min entre elas, serão realizadas por um técnico capacitado mediante utilização de um analisador de gases acoplado a uma máscara fixada ao rosto do avaliado (A utilização do colete com o equipamento bem como da máscara não traz qualquer risco ou dor ao avaliado) e (4) Avaliação do gasto energético mediante a utilização de três diferentes equipamentos de acelerometria os quais serão fixados à cintura do avaliado por uma cinta elástica.

Gostaríamos de esclarecer que a participação é totalmente voluntária. O participante pode recusar-se a participar/desistir a qualquer momento sem sofrer prejuízo algum. As informações serão utilizadas somente para fins de pesquisa e todos os documentos e amostras utilizados serão identificados por um código numérico sem identificação nominal para preservar a identidade do participante. Lembramos que não será cobrada taxa alguma por estas avaliações. Da mesma forma, não será paga quantia alguma aos participantes.

O transporte escola-UEL-escola será realizado de carro, com motorista devidamente habilitado e com horários previamente estabelecidos mediante contato telefônico, não havendo, portanto, custos para os participantes. Ao final do estudo, comprometemo-nos a retornar com os resultados de todas as avaliações, que serão entregues aos participantes e responsáveis. Os benefícios esperados são à detecção precoce de fatores de risco como obesidade bem como do padrão de gasto energético durante repouso e atividades dentre outros. Apesar de considerados mínimos, os possíveis riscos são: desconfortos e/ou cansaço durante as atividades físicas.

Caso você tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos pode contactar o Prof. Dr. Edilson Serpeloni Cyrino, no Laboratório de Metabolismo, Nutrição e Exercício, localizado no Centro de Educação Física e Esporte, da Universidade Estadual de Londrina, pelo telefone (43) 3371-4772 / 9139-4509 ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, na Avenida Robert Koch, 60 ou no telefone (43) 3371-2490. Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas, devidamente preenchida e assinada entregue a você.

Londrina, ____ de _____ de 2011.

Pesquisador Responsável

RG: _____

_____ (**nome por extenso do sujeito de pesquisa**), tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar **voluntariamente** da pesquisa descrita acima.

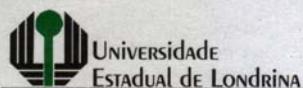
Assinatura (ou impressão dactiloscópica): _____

_____ (**nome por extenso do pai, mãe ou responsável pelo sujeito de pesquisa**), tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar **voluntariamente** da pesquisa descrita acima.

Assinatura (ou impressão dactiloscópica): _____

Data: _____

ANEXO C – Ata de defesa de dissertação




Centro de Educação Física e Esporte
Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física – UEM/UEL

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

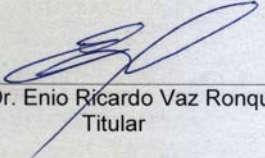
Aos trinta dias do mês de novembro do ano de dois mil e onze, na Sala 918 do CEFE, desta Universidade, às 14h00min, reuniu-se a Banca Examinadora indicada pelo Programa de Pós-Graduação e homologada pela Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, conforme Portaria nº 6613 de 05/10/2011, composta pelo Prof. Dr. Edilson Serpeloni Cyrino, do Departamento de Educação Física, do Centro de Educação Física e Esporte, da Universidade Estadual de Londrina, Orientador do trabalho e Presidente da Banca; Prof. Dr. Fernando Adami, da Faculdade de Medicina do ABC; e Prof. Dr. Enio Ricardo Vaz Ronque, Departamento de Educação Física, do Centro de Educação Física e Esporte da Universidade Estadual de Londrina. A reunião teve por objetivo julgar a dissertação de mestrado do estudante David Ohara, sob o título **Validação de equações preditivas para estimativa do gasto energético**. Os trabalhos foram abertos pelo Prof. Dr. Edilson Serpeloni Cyrino. A seguir, foi dada a palavra ao estudante para apresentação do trabalho. Posteriormente, cada examinador arguiu o candidato com tempos iguais de arguição e resposta. Terminadas as arguições, procedeu-se o julgamento do trabalho, concluindo a Banca Examinadora por sua **aprovação**. Nada mais havendo a tratar, foi lavrada esta ata, que vai assinada pelos membros da Banca Examinadora.

Londrina, 30 de novembro de 2011.

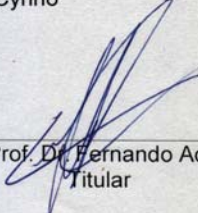
O estudante deverá reformular seu trabalho conforme estabelecido no Artigo 55 do Regulamento dos Programas de Pós-Graduação *Stricto sensu*, no prazo de 90 (noventa) dias: () Sim Não.



Prof. Dr. Edilson Serpeloni Cyrino
Presidente



Prof. Dr. Enio Ricardo Vaz Ronque
Titular



Prof. Dr. Fernando Adami
Titular