

Comparabilidade de *outputs* de acelerometria: uma revisão de literatura

Comparability of accelerometry outputs: a literature review

Ricardo Ansaloni de Oliveira^{1*}, Jair Sindra Virtuoso Júnior¹, Jeffer Eidi Sasaki¹, Natália Lujan Ferraz¹ Gildeene Silva Farias²

¹ Programa de Pós-Graduação em Educação Física. Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, Brasil.

² Faculdade Estácio Teresina, Av. do Expedicionário, 790. São João, Teresina – PI, Brasil.

* Correspondência: ricardo_ansaloni@hotmail.com

Resumo: Acelerômetros comerciais têm sido utilizados para monitorar a AF e são capazes de medir de maneira objetiva a quantidade de passos dados e o gasto energético (GE) durante uma determinada atividade. O objetivo deste estudo foi identificar se existe comparabilidade de *outputs* de diferentes dispositivos de acelerometria. Uma revisão foi realizada a partir do levantamento de artigos publicados em periódicos indexados nos bancos de dados PubMed, Web of Science e Scopus que tiveram o objetivo de discutir a temática da comparabilidade entre os *outputs* dos dispositivos de acelerometria. Foram encontrados nove artigos que abordam a comparação direta entre os dispositivos, sendo esta uma quantidade considerada reduzida devido à relevância dos desfechos dessa medição, das diferentes marcas e *firmwares* que podem gerar discrepância na comparação entre os dispositivos. Há a necessidade de ampliar a discussão nessa temática e o desenvolvimento de um método universal que promova a equidade dos sinais gerados, a fim de promover maior confiabilidade nos estudos que envolvam as relações dos níveis da AF com os desfechos de saúde. É importante que os pesquisadores envolvidos se aproximem das orientações apresentadas por especialistas na medição objetiva da AF em relação aos procedimentos, desde a fase de coleta até a análise dos dados, para que exista uma padronização dos procedimentos nos estudos que envolvam dispositivos de aceleração.

Citação: Oliveira, R. A.; Júnior, J. S. V.; Sasaki, J. E.; Ferraz, N. L.; Farias, G. S. Comparabilidade de *outputs* de acelerometria: uma revisão de literatura. Arq Cien do Esp.

Recebido: agosto/2020

Aceito: setembro/2022

Nota do Editor: A revista “Arquivos de Ciências do Esporte” permanece neutra em relação às reivindicações jurisdicionais em mapas publicados e afiliações institucionais

Palavras-chave: Acelerometria. Atividade Física. Dados brutos. *Counts* de atividade.

Abstract: Commercial accelerometers have been used to monitor PA and are able to objectively measure the number of steps taken and the energy expenditure (SG) during a given activity. The aim of this study was to identify whether there is comparability of outputs from different accelerometry devices. A review was carried out based on a survey of articles published in journals indexed in the PubMed, Web of Science and Scopus databases that aimed to discuss the theme of comparability between the outputs of accelerometry devices. Nine articles were found that address the direct comparison between devices, which is a quantity considered to be reduced due to the relevance of the results of this measurement, the different brands and firmwares that can generate discrepancies in the comparison between devices. There is a need to broaden the discussion on this topic and the development of a universal method that promotes the fairness of the generated signals, in order to promote greater reliability in studies that involve the relationships between the levels of PA with health outcomes. It is important that the researchers involved approach the



Copyright: © 2022 pelos autores. Enviado para possível publicação em acesso aberto sob os termos e condições da licença de Creative Commons Attribution (CC BY) (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

guidelines presented by specialists in the objective measurement of PA in relation to the procedures, from the collection phase to the data analysis, so that there is a standardization of procedures in studies involving acceleration devices.

Keywords: Accelerometry. Physical activity. Raw data. Activity counts

1. Introdução

A acelerometria tem sido consolidada como uma ferramenta valiosa na medição objetiva das variáveis da atividade física (AF)^{1,2}. No entanto, não há clareza quanto aos métodos utilizados para a interpretação dos resultados. Os dispositivos que captam aceleração são frequentemente usados para medir a AF no âmbito da pesquisa ou para uso comercial^{3,4}. Portanto, ainda que os acelerômetros estejam sendo utilizados de forma crescente em estudos de larga escala^{5,6}, revisões sistemáticas evidenciam que devido à falta de padronização na medição da AF não há comparabilidade entre os resultados, podendo haver distorção das associações entre a AF e os desfechos de saúde^{7,8}.

Embora a maior parte dos acelerômetros colete dados em alta frequência (100 Hz), os dados são utilizados por grande parte dos pesquisadores com *epochs* determinados para diferentes subgrupo populacional e as medidas de acelerometria são processadas em *softwares* desenvolvidos pelos fabricantes dos dispositivos de aceleração que utilizam algoritmos proprietários para calcular medidas de acelerometria (*counts*), o que leva a uma imprecisão na interpretação dos dados⁹. A razão que pode explicar essa ocorrência é que tais medidas seriam a única saída dos dispositivos, o que corrobora com o estudo de Watson et al (2014)¹⁰, em que foram verificadas evidências de que diferentes pontos de corte aplicados em uma mesma base de dados possam gerar discrepâncias na classificação da AF.

Na literatura, não há consenso sobre a comparabilidade de *counts* entre dispositivos de acelerometria para classificação da intensidade da AF, uma vez que alguns estudos têm indicado que há comparabilidade entre os dados gerados pelos acelerômetros da mesma marca e, já em outros foram encontradas diferenças na estimativa das atividades^{11,12}.

É importante entender a comparabilidade entre diferentes dispositivos uma vez que um estudo realizado por Sasaki et al (2011)¹², apresentou que dispositivos da ActiGraph de diferentes gerações apresentam alto poder de comparação na utilização de counts de acelerometria. Entretanto essa comparabilidade não pode ser observada entre dispositivos de marcas distintas¹³.

Mais recentemente os dados de acelerometria bruta de alta resolução tornaram-se disponíveis em vários dispositivos, incluindo os da ActiGraph®, que tem sido descrito na literatura como os mais utilizados. No ano de 2009, a partir de uma conferência chamada “Medição Objetiva de Atividade Física: Boas Práticas e Direções Futuras”, realizada pelo Colégio Americano de Medicina Esportiva (ACSM) e os Institutos Nacionais de Saúde, foi elaborado um documento com o intuito de atualizar os pesquisadores sobre as melhores práticas no uso de monitores para avaliar a AF, tal documento apresentou a aceleração bruta como alternativa para equalizar os problemas com as contagens proprietárias¹⁴.

Contudo, acelerômetros de marcas distintas ou de diferentes gerações apresentam valores divergentes quanto à leitura da frequência (20, 30 e 80Hz) e a magnitude da aceleração, informação preocupante que se torna mais um desafio na comparação dos dados^{12,15}.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi identificar a comparabilidade de *outputs* de diferentes dispositivos.

2. Métodos

O presente estudo trata-se de uma revisão de literatura realizada a partir do levantamento de artigos publicados em periódicos indexados, que tiveram o objetivo de discutir a comparabilidade entre os *outputs* dos dispositivos de acelerometria. Uma busca abrangente da literatura de acelerometria foi realizada utilizando as bases de dados eletrônicas *National Library of Medicine* (PUBMED), *Web of Science* e *Scopus*. Para realização das buscas foram utilizados como estratégias a divisão de dois grupos de descritores com palavras chaves escritas no idioma inglês, combinando os termos com a utilização dos operadores booleanos “AND” e “OR” afim de contemplar o máximo de estudos publicados (Quadro 1).

Bases	Combinação de descritores/Termos
Pubmed	(<i>comparing</i>) OR (<i>comparison</i>) OR (" <i>comparative study</i> ") AND (<i>wearable activity monitors</i>) OR (" <i>accelerometer monitors</i> ") OR (<i>activity monitors</i>) AND (<i>actigraph</i>) OR (<i>genea</i>) OR (<i>rt3</i>) OR (<i>actical</i>) AND (<i>raw acceleration</i>) OR (<i>raw data</i>) AND (<i>sedentary behavior</i>) OR (<i>phisycal activity</i>) OR (<i>sedentary lifestyle</i>) OR (<i>phisycal activity</i>) OR (<i>sitting time</i>) OR (<i>screen time</i>) e (<i>comparing</i>) OR (<i>comparison</i>) OR (<i>comparative study</i>) AND (<i>wearable activity monitors</i>) OR (<i>accelerometer monitors</i>) OR (<i>activity monitors</i>) AND (<i>actigraph</i>) OR (<i>genea</i>) OR (<i>rt3</i>) OR (<i>actical</i>) AND (<i>accelerometer counts</i>) OR (<i>activity counts</i>) AND (<i>sedentary behavior</i>) OR (<i>phisycal activity</i>) OR (<i>sedentary lifestyle</i>) OR (<i>activity</i>) (<i>sitting time</i>) OR (<i>screen time</i>).
Web of Science	
Scopus	

Quadro 1 - Descritores/Termos de Busca na Literatura. Autor, 2019.

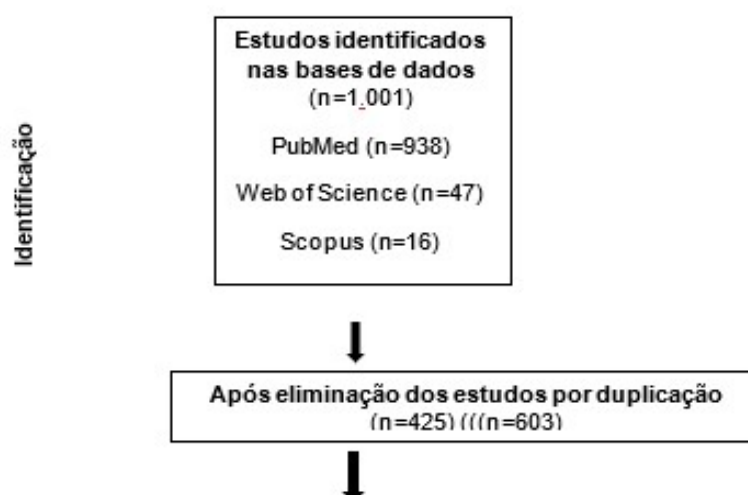
Os manuscritos das revisões publicados e encontrados nesta busca também foram examinados para procurar os mais relevantes e que não tenham aparecido na pesquisa original dos bancos de dados. Como critérios de elegibilidade foram incluídos apenas os que trataram da comparação de *counts* ou dados brutos (g) como resultado primário do estudo, sendo excluídos os estudos de validação ou predição da AF. Em nossa estratégia de busca não houve restrições baseadas em data, idioma ou populações.

Quanto ao processo de seleção dos artigos, após as buscas, inicialmente foi realizada a leitura de títulos, a partir desses selecionados a leitura dos resumos e posteriormente os artigos que foram selecionados a partir dos resumos foram obtidos para leitura na íntegra pelos pesquisadores para avaliação dos textos. Utilizou-se o programa Zotero para o armazenamento dos artigos e exclusão de duplicatas, e o software Excel para armazenamento dos dados extraídos. As etapas de buscas, seleção e avaliação dos artigos foram realizadas de forma independentes por dois revisores (R.A.O e N.L), evitando dessa forma possíveis vieses, e durante todo o processo cada autor concordava ou não com a inclusão dos artigos selecionados, caso houvesse desacordo entre os revisores, um terceiro seria solicitado para resolver as diferenças, entretanto não foi necessário.

3. Resultados

A partir das bases de dados desse estudo foram localizados um total de 1.001 artigos potenciais, e destes selecionados 425 foram excluídos por duplicatas, no qual foram rastreados 576. Na fase seguinte foi realizado análise mais detalhada, através de leitura de títulos e resumos permanecendo 30 artigos para leitura na íntegra, no qual após análise foram excluídos 21 com justificativas por não atenderem aos critérios de elegibilidade, permanecendo ao final um total de 09 artigos que atenderam aos critérios pré-estabelecidos e compuseram esta revisão (Figura 02).

Quanto as características dos estudos selecionados, de acordo com os critérios de inclusão pré-estabelecidos, foram encontrados entre os artigos estudos publicados entre os anos de 2007 a 2018, com número de participantes de mínimo de 10 e máximo 194, as populações estudada nos estudos selecionados foram compostas por homens e mulheres, sendo crianças, adultos, e os protocolos utilizados foram vida livre, caminhada, caminhada em esteira e atividade de vida diária. Observou-se, que entre as marcas mais utilizada nos estudos foi da ActiGraph® sendo comparada outras marcas e modelos de formas variadas, no qual utilizaram-se como medidas ephocs (Hertz), entre 10s a 100s. Com relação a posição dos acelerômetros utilizados nos estudos a maioria utilizou nos testes sendo posicionado no quadril, e outras no punho e coxa, mostrando resultados variados em todos os estudos selecionados conforme são apresentados na tabela 01.



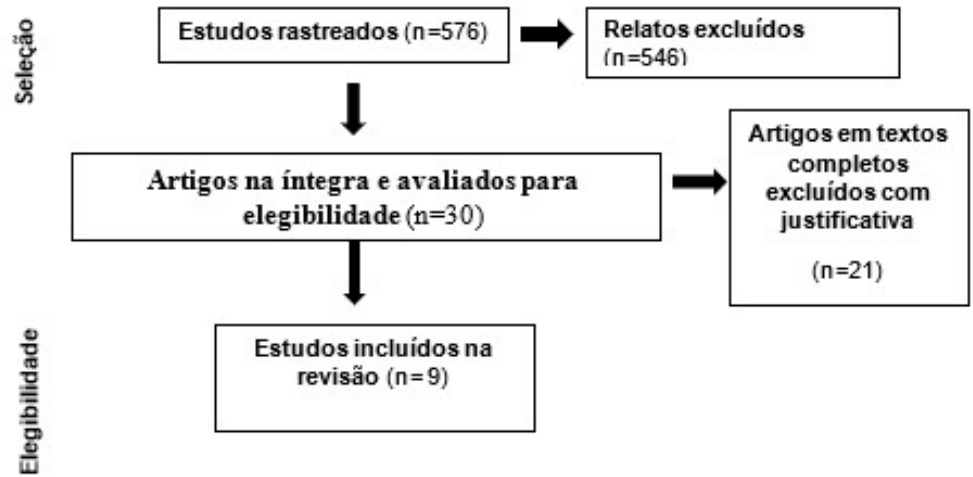


Figura 1- Fluxograma de informações das diferentes fases da revisão. Autor, 2019.

Tabela 01. Características dos artigos selecionados para a revisão

Autores:	Amostra	Protocolo	Acelerômetros (marca/modelo)	Ephoc (Hertz)	Posicionamento do acelerômetro	Resultados
POUL et al., 2007. ¹³	n= 56 (28 homens, 28 mulheres)	Vida Livre (15 dias)	Modelo 7164 (ActiGraph®), Actical®	60s	Quadril	Os resultados entre essas duas marcas não são diretamente comparáveis. No entanto, os dados são comparáveis se for aplicada a equação de conversão (log)

<p>KAMINSKY; OZEMEK, 2012.¹⁷</p>	<p>n= 34 adultos homens (n=17), mulheres (n=17).</p>	<p>Caminhada (30 min: 2.4kmh⁻¹ , depois de 5 min increment de 0.8kmh⁻¹ para cada 5min(2.4, 3.2, 4.0, 4.8, 5.6 e 6.4 km h⁻¹), vida livre (3 dias)</p>	<p>GT3X e GT1M (ActiGraph®)</p>	<p>60s</p>	<p>Quadril</p>	<p>É razoável comparar dados derivados do GT1M ou GT3X quando coletados no modo uniaxial.</p>
<p>STRAKER; CAMPBELL, 2012.¹⁹</p>	<p>n= 10 (5 mulheres, 5 homens)</p>	<p>Vida Livre (2 dias)</p>	<p>GT3X +(ActiGraph®), Actical®</p>	<p>60s</p>	<p>Quadril</p>	<p>O Actical é mais sensível a acelerações na direção vertical e não se correlaciona com saída ActiGraph tridimensional. Pode ser inadequado aplicar um modelo desenvolvido no GENE para prever o tipo de atividade usando dados GT3X + quando os recursos de entrada são atributos de domínio de tempo de aceleração bruta.</p>
<p>JOHN et al., 2013.²⁸</p>	<p>n=10</p>	<p>Teste de agitador mecânico, teste de locomoção</p>	<p>GT3X +(ActiGraph®), GENEActiv</p>	<p>80Hz</p>	<p>Punho</p>	<p>O Actical é mais sensível a acelerações na direção vertical e não se correlaciona com saída ActiGraph tridimensional. Pode ser inadequado aplicar um modelo desenvolvido no GENE para prever o tipo de atividade usando dados GT3X + quando os recursos de entrada são atributos de domínio de tempo de aceleração bruta.</p>

BAI et al., 2014. ²⁹	n= 125	Vida Livre (3-5 dias)	Shimmer®	10Hz	Quadril	Uma abordagem de normalização transparente, fácil de usar e reproduzível para extrair e resumir métricas relevantes dos dados brutos da acelerometria triaxial foi gerada.
BAI et al., 2016. ²⁷	n= 194 mulheres	Atividades de Vida Diária (DVD, PUZZ, DISH, LAUD, MPO, WALK)	GT3X + (ActiGraph®)	"idlesleep mode" 30Hz	Quadril	A sensibilidade amplamente melhorada da IA em sedentários e atividades leves sobre AC e ENMO demonstram ainda mais sua vantagem em estudos com idosos e adultos. As acelerações brutas foram significativamente mais altas para o GAWrist em comparação com as do AGhip.
FAIRCLOUGH et al., 2016. ²⁶	n= 129(crianças)	Vida Livre (7 dias)	GENEActiv, GT3X +(ActiGraph®)	100Hz	Punho, Quadril	Comparado a AF como critério, o ASP pode subestimar o total de tempo sedentário e o GT3X + pode superestimá-lo, e mais ainda nos níveis mais baixos de tempo
KURITA et al., 2017. ¹⁸	n= 50	Tempo de vigília de dois dias (um dia útil e outro não)	Active style Pro HJA-350IT, GT3X+(ActiGraph®), activPAL3	ASP: 60s, 35 Hz. GT3X: 60s, 35 Hz. LFE. Acti:raw data, 20Hz.	Quadril, Coxa	de tempo

sedentário. Para pausas do tempo sedentário, comparado ao AF, tanto o GT3X + quanto o ASP podem superestimar.

JOHN et al., 2018. ³⁰	n=20 (12 homens e 8 mulheres)	Caminhada em esteira em 11 velocidades variando entre 0.89 e 1.79 m/s (2 a 4 mph) com incrementos de 0.089 m/s (0.2 mph, Teste de Agitador	Digiwalker SW200, Omron HJ720ITC, GT3X+ e GT9X (ActiGraph®)	60s, 80Hz	Quadril, Punho	OmronHJ720ITC foi o mais preciso durante a caminhada na esteira. As saídas ActiGraph eram significativamente diferentes a partir do critério.

Fonte: Autor, 2019.

4. Discussão

Após a seleção dos artigos para compor esta revisão foram subtraídas informações pertinentes para o entendimento das questões relacionadas a comparabilidade dos outputs dos dispositivos (Tabela 01). Por meio do procedimento de busca adotado foram selecionados os artigos que apresentaram a comparação entre counts e dados brutos para facilitar a discussão desse fenômeno.

Apesar de uma vasta literatura que aborda a utilização da acelerometria como forma de medida da AF e da predição do dispêndio energético, poucos são os estudos que abordam a comparação destes equipamentos, sendo a maior parte estudos que abrangem somente a validação de dispositivos e a predição de intensidades a partir de equivalentes metabólicos. Entretanto, é importante compreender aspectos de comparabilidade dos dados gerados por esses dispositivos, como sugere Tudor-locke et al.¹⁶, que recomendam o

uso de ferramentas para verificarem questões operacionais como critérios de conformidade para um dia válido, amostragem, tempo de uso, localização.

No que se refere à comparação entre counts, a partir da busca realizada, os trabalhos de Kaminsky; Ozemek, (2012)¹⁷, Kurita et al. (2017)¹⁸, Paul et al. (2007)¹³ e Straker; Campbell (2012)¹⁹, foram selecionados e a discussão teve como base protocolos de vida livre e protocolos laboratoriais.

Os estudos que utilizam counts como medida de comparabilidade não seguem as recomendações da Conferência de 2009 sobre a “Medição Objetiva de Atividade Física: Boas Práticas e Direções Futuras”, da qual recomenda a utilização de dados brutos de aceleração, uma vez que counts são provenientes de medidas proprietárias ocasionando subestimação ou superestimação de valores¹⁸ que podem gerar classificações errôneas sobre o nível de atividade da população.

Outro ponto a ser levantado é o uso do “low-frequency extension” (LFE) utilizado para captar o comportamento sedentários (CS)¹⁸. A ActiGraph®, em 2009, introduziu essa ferramenta com a possibilidade de aumentar a sensibilidade no dispositivo podendo mensurar maiores intervalos de intensidade da Af Actigraph, (2016)²⁰. No entanto, estudo realizado por Feito et al., (2017)²¹ apresentou que ainda não é claro se o mecanismo de filtragem é mais preciso na medição do CS, tornando-se necessário reavaliar a utilização dessa ferramenta.

No estudo de Paul et al., 2007¹³ os resultados derivados da comparação entre os dispositivos da ActiGraph® de diferentes gerações não demonstram comparabilidade, exceto com o uso do log e desde que no mesmo eixo.

O estudo de Straker e Campbell (2012)¹⁹, apresenta que o dispositivo Actical mostrou-se mais sensível às acelerações no eixo vertical, porém, essas acelerações não têm correlação com a saída tridimensional do dispositivo da ActiGraph®. Entretanto, alguns pontos podem influenciar esses achados uma vez que as recomendações apresentadas por Trost; Mciver; Pate, (2005)²² sobre as recomendações é de, no mínimo, três dias para a coleta de dados com adultos, o que confere melhor nível de confiabilidade.

Comparações entre dispositivos utilizando crianças e diferentes locais de uso dos acelerômetros (punho e quadril), tem evidenciado maior adesão na localização do punho o que explica a maior utilização desse posicionamento a fim de aumentar a taxa de uso²³. No entanto, o posicionamento do acelerômetro deve ser baseado na possibilidade de comparação entre estudos e na capacidade de processamento dos dados e que a decisão sobre o posicionamento ainda não permite consenso^{24,25}. O estudo de Sasaki et al.(2017)²⁵ apresenta ainda que os dados brutos quando comparados com os dados de acelerometria (counts) diferiram substancialmente, sendo assim, não podem ser comparados diretamente e ainda não há informações sobre o algoritmo de filtragem da ActiGraph®²⁶.

Para discussão da comparabilidade foram utilizados os estudos que apresentaram dados expressos em força (g) em diferentes taxas de frequência, sendo estes: Bai et al.(2016)²⁷, John et al., 2013²⁸, Bai et al.(2014)²⁹, Fairclough et al. (2016)²⁶ e John et al.(2018)³⁰.

Comparações entre os dispositivos GT3X e GENEActi, com sinal bruto de aceleração utilizando shaker orbital de agitação, em protocolos de caminhada de duas velocidades e em atividades da vida diária (AVD's) (computer work, cleaning a room, vacuuming and throwing a ball) durante dois minutos de execução indicaram que é aconselhável evitar o intercâmbio de modelos de previsão entre diferentes monitores de atividade²⁸. Nota-se que mesmo seguindo as orientações da Conferência de 2009 os dispositivos necessitam ser equiparados para haver maior consenso entre os achados e, conseqüentemente, maior utilização desses dispositivos por parte dos pesquisadores. O uso da coleta de dados brutos existe favorece para que esses dados possam ser comparáveis entre diferentes marcas permitindo a comparabilidade entre eles e melhores métodos de processamento dos dados³¹.

Aprendizagem de máquina como sugerido no estudo de John et al. (2013)²⁸ tem sido incentivadas afim de obter dados da medição de comportamento físico. No entanto, tal mecanismo é mais complexo do que as técnicas usuais de análise de dados e processos automatizados que ainda não estão disponíveis para aprendizado de máquina. Com o alto interesse nessas técnicas Montoye et al., 2018³¹ afirma que a automação do aprendizado de máquina estará disponível em breve para uso por intervencionistas.

O processamento dos sinais de dados brutos propicia maior comparabilidade e transparência entres os estudos usando os mesmos métodos^{6,25,32}. Entretanto, pesquisas que objetivam o desenvolvimento de uma métrica resumida, reproduzível e transparente, com base em dados brutos já existentes ainda são escassas sendo tais medidas importantes para a pesquisa em AF. Essa métrica teria o potencial de permitir comparações de resultados de estudos com diferentes dispositivos de aceleração, conseqüentemente gerando uma interpretação uniforme dos dados²⁹.

No estudo de Bai et al. (2016)²⁷, foi proposto uma nova métrica de AF baseada em sinais de dados brutos em alta resolução. A métrica chamada de Activity Index (AI) possui propriedades almeçadas por pesquisadores como transparência (fórmula publicamente disponível), uma interpretação clara e facilidade de implantação. Mesmo com achados importantes em relação a essa nova métrica o estudo apresenta como limitação o fato de utilizar apenas um dispositivo (ActiGraph®) o que impossibilita o uso dessa ferramenta para comparação em outros dispositivos.

5. Conclusão

A presente revisão encontrou reduzido número de estudos que abordam a comparação direta entre os dados provenientes dos dispositivos de aceleração. Conclui se que ainda não existe comparabilidade entre os diferentes dispositivos de acelerometria, seja em função de alguns dispositivos ainda utilizarem counts de acelerometria que devido seus filtros proprietários diferem dos outputs dos outros dispositivos ou devido a incompatibilidades na magnitude da aceleração encontrada.

Nota se que a literatura tem reportado uma maior adesão na utilização de múltiplos de g (dados brutos) em relação ao uso de counts de acelerometria, o que facilita a tentativa de maior comparabilidade entre os outputs desses dispositivos. Foi encontrado que estudos laboratoriais têm sido mais realizados devido a facilidade no controle das atividades

e da interpretação dos dados gerados. Há a necessidade de mais estudos que abordem tal temática, além de haver a necessidade da criação de método universal que promova a equidade dos sinais gerados, a fim de promover maior confiabilidade nos estudos que envolvam as relações dos níveis da AF com os desfechos de saúde.

E, por fim, recomenda-se que pesquisadores envolvidos em medidas da atividade física possam se aproximar das orientações na medição objetiva da AF para que haja padronização dos procedimentos em todos os estudos que envolvam dispositivos de aceleração.

Contribuição dos autores: O desenvolvimento do estudo foi realizado por RAO e JSVJ. A realização das buscas, seleção dos artigos e revisão de elegibilidade foram realizadas por RAO, e NLF. A extração e análise de dados conduzida por RAO e GSF. A avaliação crítica dos resultados foi realizada por RAO, JSVJ e JES. Redação do artigo realizada por RAO e JSVJ. Revisão crítica do artigo: JSVJ.

Financiamento da pesquisa: Não aplicável.

Aprovação Ética: Não aplicável.

Conflito de Interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Referências

1. Montoye AH, Pfeiffer KA, Sutton D, Trost SG. Evaluating the Responsiveness of Accelerometry to Detect Change in Physical Activity. *Meas Phys Educ Exerc Sci* 2014; **18**: 273–285..
2. Welk G. *Physical Activity Assessments for Health-related Research*. Human Kinetics, 2002.
3. Bai Y, Welk GJ, Nam YH, Lee JA, Lee J-M, Kim Y *et al*. Comparison of Consumer and Research Monitors under Semistructured Settings. *Med Sci Sports Exerc* 2016; **48**: 151–158..
4. Butte NF, Wong WW, Lee JS, Adolph AL, Puyau MR, Zakeri IF. Prediction of energy expenditure and physical activity in preschoolers. *Med Sci Sports Exerc* 2014; **46**: 1216–1226.
5. Ruiz JR, Ortega FB, Martínez-Gómez D, Labayen I, Moreno LA, De Bourdeaudhuij I *et al*. Objectively measured physical activity and sedentary time in European adolescents: the HELENA study. *Am J Epidemiol* 2011; **174**: 173–184.
6. Troiano RP, Berrigan D, Dodd KW, Mâsse LC, Tilert T, McDowell M. Physical activity in the United States measured by accelerometer. *Med Sci Sports Exerc* 2008; **40**: 181–188.
7. Bassett DR, Troiano RP, McClain JJ, Wolff DL. Accelerometer-based physical activity: total volume per day and standardized measures. *Med Sci Sports Exerc* 2015; **47**: 833–838.
8. Hallal PC, Dumith S de C, Bastos JP, Reichert FF, Siqueira FV, Azevedo MR. Evolution of the epidemiological research on physical activity in Brazil: a systematic review. *Revista de Saúde Pública* 2007; **41**: 453–460.
9. John D, Freedson P. ActiGraph and Actical physical activity monitors: a peek under the hood. *Med Sci Sports Exerc* 2012; **44**: S86-89.
10. Watson KB, Carlson S, Carroll DD, Fulton J. Comparison of Accelerometer Cut Points to Estimate Physical Activity in U.S. Adults. *J Sports Sci* 2014; **32**: 660–669.

11. Ried-Larsen M, Brønd JC, Brage S, Hansen BH, Grydeland M, Andersen LB *et al.* Mechanical and free living comparisons of four generations of the Actigraph activity monitor. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2012; **9**: 113.
12. Sasaki JE, John D, Freedson PS. Validation and comparison of ActiGraph activity monitors. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2011; **14**: 411–416.
13. Paul DR, Kramer M, Moshfegh AJ, Baer DJ, Rumpler WV. Comparison of two different physical activity monitors. *BMC Med Res Methodol* 2007; **7**: 26.
14. Freedson P, Bowles HR, Troiano R, Haskell W. ASSESSMENT OF PHYSICAL ACTIVITY USING WEARABLE MONITORS: RECOMMENDATIONS FOR MONITOR CALIBRATION AND USE IN THE FIELD. *Med Sci Sports Exerc* 2012; **44**: S1–S4.
15. Strath SJ, Kaminsky LA, Ainsworth BE, Ekelund U, Freedson PS, Gary RA *et al.* Guide to the assessment of physical activity: Clinical and research applications: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2013; **128**: 2259–2279.
16. Tudor-Locke C, Mire EF, Dentro KN, Barreira TV, Schuna JM, Zhao P *et al.* A model for presenting accelerometer paradata in large studies: ISCOLE. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 2015; **12**: 52.
17. Kaminsky LA, Ozemek C. A comparison of the Actigraph GT1M and GT3X accelerometers under standardized and free-living conditions. *Physiol Meas* 2012; **33**: 1869–1876.
18. Kurita S, Yano S, Ishii K, Shibata A, Sasai H, Nakata Y *et al.* Comparability of activity monitors used in Asian and Western-country studies for assessing free-living sedentary behaviour. *PLOS ONE* 2017; **12**: e0186523.
19. Straker L, Campbell A. Translation equations to compare ActiGraph GT3X and Actical accelerometers activity counts. *BMC Med Res Methodol* 2012; **12**: 54.
20. ActiGraph LLC. Low Frequency Extension Explained 2016. [https:// actigraph.desk.com/customer/en/portal/articles/2515505-lowfrequency-extension-explained](https://actigraph.desk.com/customer/en/portal/articles/2515505-lowfrequency-extension-explained).
21. Feito Y, M. Hornbuckle L, A. Reid L, Crouter S. Effect of ActiGraph’s Low Frequency Extension for Estimating Steps and Physical Activity Intensity. *PLoS ONE* 2017; **12**. doi:10.1371/journal.pone.0188242.
22. Trost SG, McIver KL, Pate RR. Conducting accelerometer-based activity assessments in field-based research. *Med Sci Sports Exerc* 2005; **37**: S531–543.
23. Troiano RP, McClain JJ, Brychta RJ, Chen KY. Evolution of accelerometer methods for physical activity research. *Br J Sports Med* 2014; **48**: 1019–1023.
24. Spring B, Moller AC, Coons MJ. Multiple health behaviours: overview and implications. *J Public Health (Oxf)* 2012; **34 Suppl 1**: i3–10.
25. Sasaki J, Coutinho A, Santos C, Bertuol C, Minatto G, Berria J *et al.* Orientações para utilização de acelerômetros no Brasil. *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde* 2017; **22**: 110–126.
26. Fairclough SJ, Noonan R, Rowlands AV, Van Hees V, Knowles Z, Boddy LM. Wear Compliance and Activity in Children Wearing Wrist- and Hip-Mounted Accelerometers. *Med Sci Sports Exerc* 2016; **48**: 245–253.
27. Bai J, Di C, Xiao L, Evenson KR, LaCroix AZ, Crainiceanu CM *et al.* An Activity Index for Raw Accelerometry Data and Its Comparison with Other Activity Metrics. *PLOS ONE* 2016; **11**: e0160644.
28. John D, Sasaki J, Staudenmayer J, Mavilia M, Freedson P. Comparison of Raw Acceleration from the GENE A and ActiGraph™ GT3X+ Activity Monitors. *Sensors* 2013; **13**: 14754–14763.
29. Bai J, He B, Shou H, Zipunnikov V, Glass TA, Crainiceanu CM. Normalization and extraction of interpretable metrics from raw accelerometry data. *Biostatistics* 2014; **15**: 102–116.
30. JOHN, D. *et al.* “What Is a Step?” Differences in How a Step Is Detected among Three Popular Activity Monitors That Have Impacted Physical Activity Research. *Sensors*, v. 18, n. 4, p. 1206, abr. 2018.

31. Montoye AHK, Moore RW, Bowles HR, Korycinski R, Pfeiffer KA. Reporting accelerometer methods in physical activity intervention studies: a systematic review and recommendations for authors. *Br J Sports Med* 2018; **52**: 1507–1516.
32. Matthews CE, Hagströmer M, Pober DM, Bowles HR. BEST PRACTICES FOR USING PHYSICAL ACTIVITY MONITORS IN POPULATION-BASED RESEARCH. *Med Sci Sports Exerc* 2012; **44**: S68–S76.