

Validade e reprodutibilidade de dispositivos e aplicativos móveis para avaliar e monitorar a aptidão cardiorrespiratória de adultos: uma revisão sistemática

Validity and reproducibility of mobile devices and applications to evaluate and monitor adult cardiorespiratory fitness: a systematic review

Diogo Bertella Foschiera¹; Elto Legnani²; Eva Luziane²; Denkewicz Gustavo²; Darlan França Ciesielski-Junior²; Ciro Renato Miranda-Junior²; Sérgio Luiz de Abreu²; Rosimeide Francisco Santos Legnani³

¹ Instituto Federal do Paraná (IFPR), Curitiba, Brasil

² Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, Brasil

³ Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Ponta Grossa, Brasil

HISTÓRICO DO ARTIGO

Recebido: 09 junho 2021

Revisado: 17 março 2022

Aprovado: 13 junho 2022

PALAVRAS-CHAVE:

Aptidão cardiorrespiratória;
Dispositivos móveis; Dispositivos eletrônicos; Aplicativos.

KEYWORDS:

Cardiorespiratory Fitness; Mobile Devices; Electronic Devices; Applications.

PUBLICADO:

01 julho 2022

RESUMO

INTRODUÇÃO: Tradicionalmente a avaliação e monitoramento da aptidão cardiorrespiratória é realizada de forma indireta, com poucos recursos tecnológicos. A partir do surgimento e popularização dos dispositivos eletrônicos móveis, este monitoramento passou a ser realizado também por meio destes novos recursos. Entretanto, poucos dispositivos portáteis são testados de forma rigorosa para identificar sua validade.

OBJETIVO: Desenvolver uma revisão sistemática da literatura, buscando identificar os estudos que realizaram a validação e a reprodutibilidade de dispositivos e aplicativos móveis para avaliar e monitorar a aptidão cardiorrespiratória em adultos.

MÉTODOS: Estudo de revisão sistemática da literatura em acordo com as recomendações metodológicas da The Cochrane Collaboration. Os termos cardiorespiratory fitness, mobile devices, electronic device e adults foram utilizados na composição das sintaxes de busca nas bases de dados Web of Science, Scopus, LILACS – Inglês; LILACS - Português, SciELO; SciELO Brasil e PubMed/MEDLINE, nos idiomas português, inglês e espanhol. O intervalo temporal das buscas compreendeu o período de janeiro de 2015 até dezembro de 2019.

RESULTADOS: Um total de 3.396 estudos foram encontrados a partir das buscas iniciais. Após aplicados os filtros, 488 trabalhos foram selecionados para a leitura de títulos, dos quais, 43 foram incluídos na etapa de leitura de resumos. Foram considerados elegíveis para a fase de leitura na íntegra 19 estudos, dos quais, 09 foram incluídos na presente revisão. Em relação à validade dos aplicativos e dispositivos, sete estudos apresentam resultados satisfatórios referentes aos dados dos equipamentos, indicando alta correlação entre os resultados do equipamento avaliado e o método comparativo, boa precisão do equipamento ou validade dos dados gerados. Por outro lado, dois estudos sugeriram prudência no uso dos equipamentos.

CONCLUSÃO: A presente revisão identificou que existem poucos estudos desenvolvidos para a validação dos dispositivos e aplicativos móveis voltados ao monitoramento da aptidão cardiorrespiratória. Os aplicativos de smartphones e as roupas inteligentes parecem ser os recursos mais confiáveis até o momento.

ABSTRACT

BACKGROUND: Traditionally, the assessment and monitoring of cardiorespiratory fitness is carried out indirectly, with few technological resources. Since the emergence and popularization of mobile electronic devices, this monitoring has also been carried out through these new resources. However, few portable devices are rigorously tested to identify their validity.

OBJECTIVE: To develop a systematic review of the literature, seeking to identify the studies that carried out the validation and reproducibility of mobile devices and applications to assess and monitor cardiorespiratory fitness in adults.

METHODS: Study of systematic literature review according to the methodological recommendations of The Cochrane Collaboration. The terms cardiorespiratory fitness, mobile devices, electronic device and adults were used to compose search syntaxes in the Web of Science, Scopus, LILACS – English; LILACS - Portuguese, SciELO, SciELO – Brazil and PubMed / MEDLINE databases, in languages portuguese, english and spanish. The temporal range of searches comprised the period from January 2015 to December 2019.

RESULTS: A total of 3,396 studies were found from the initial searches. After applying the filters, 488 papers were selected for the reading of titles, of which 43 were included in the stage of reading abstracts. Nineteen studies were considered eligible for the full reading phase, of which, 09 were included in the present review. Regarding the validity of applications and devices, seven studies show satisfactory results regarding equipment data, indicating a high correlation between the results of the evaluated equipment and the comparative method, good accuracy of the equipment or validity of the generated data. On the other hand, two studies suggested prudence in the use of the equipment.

CONCLUSION: The present review identified that there are few studies developed for the validation of mobile devices and applications aimed at monitoring cardiorespiratory fitness. Smartphone apps and smart clothes seem to be the most trusted resources to date.

INTRODUÇÃO

A aptidão cardiorrespiratória (AC) se apresenta como um componente da aptidão física relacionada à saúde, possuindo ampla relação com uma vida saudável e autônoma para a realização de tarefas cotidianas (ARAÚJO et al., 2019; LIMA; LEVY; LUIZ, 2014). No entanto, estudos recentes têm apontado para uma diminuição da AC na população global nas últimas três décadas (BOTTCHER, 2019; VICTO et al., 2017), com o concomitante aumento do comportamento sedentário (GUERRA; FARIAS JÚNIOR; FLORINDO, 2016; ROCHA et al., 2019). Comportamento esse que, de acordo com a literatura, também é decorrente do uso de dispositivos eletrônicos como televisão, celular, videogames, *tablets* etc. (GODINHO et al., 2019; ROCHA et al., 2019).

Entretanto, se por um lado o uso excessivo de alguns recursos tecnológicos tem contribuído para o aumento da prevalência do comportamento sedentário nas últimas décadas, por outro, observou-se um aumento considerável na oferta dos dispositivos eletrônicos que apresentam também a função de monitorar a atividade física (AF) (ARAÚJO et al., 2019; PEAKE; KERR; SULLIVAN, 2018). Nesse particular, o uso de tecnologias para o monitoramento da atividade física (AF) e do exercício físico está contribuindo para que as pessoas se tornem mais ativas fisicamente (TOTH et al., 2018).

O número e a diversidade de dispositivos eletrônicos portáteis disponibilizados pela indústria estão sempre aumentando, o que requer constantes atualizações a partir do avanço no conhecimento tecnológico (PEAKE; KERR; SULLIVAN, 2018; SAWKA; FRIEDL, 2018), sobretudo, quanto se trata de ferramentas para smartphones (BALBANI, 2011; BARRA et al., 2017; BORT-ROIG et al., 2014; OLIVEIRA; ALENCAR, 2017).

Apesar da popularização desses novos recursos, suas tecnologias estão em diferentes estágios de desenvolvimento. Embora estudos tenham sido desenvolvidos para testar de forma independente a confiabilidade e validade de alguns equipamentos e sistemas, outros ainda não foram testados adequadamente (HALSON; PEAKE; SULLIVAN, 2016; PEAKE; KERR; SULLIVAN, 2018). Neste sentido, no presente estudo levante-se o questionamento acerca de quais dispositivos e aplicativos móveis para o monitoramento da AC em adultos foram apropriadamente validados.

Dessa forma, ao considerar a relevância da prática da AF e do exercício físico na melhoria da AC e na saúde das pessoas, o presente estudo teve por objetivo conduzir uma revisão sistemática da literatura, buscando identificar os estudos que realizaram a validação e a reprodutibilidade de dispositivos e aplicativos móveis para avaliar e monitorar a AC em adultos.

MÉTODOS

A presente revisão foi elaborada seguindo as recomendações metodológicas propostas pela *The Cochrane Collaboration* (CHALMERS, 2012). Após a definição das palavras-chave, baseadas no objetivo do estudo, consultou-se os

Descritores em Ciências da Saúde¹, para identificação dos seus correlatos. Sendo definidos os termos *cardiorespiratory fitness*, *mobile devices*, *electronic device* e *adults*.

As buscas foram realizadas em algumas das principais bases de dados da área da saúde (*Web of Science*; Scopus; LILACS - Inglês; LILACS - Português; PubMed/MEDLINE; SciELO e SciELO/Brazil). Os termos de busca foram combinados aos operadores booleanos "AND" e "OR" e aos elementos específicos de cada base para adequar as sintaxes de busca (Quadro 1). O intervalo temporal das buscas compreendeu o período de janeiro de 2015 até dezembro de 2019.

Quadro 1. Base de Dados e as respectivas sintaxes de busca.

Base de Dados	Sintaxe de Busca
Web of Science	TS = ("Cardiorespiratory Fitness") AND ("Mobile devices" OR electronic device*) AND (adults*) AND (adult*)
Scopus	(cardiorespiratory fitness AND mobile devices OR electronic device AND adult OR adults)
PubMed/MEDLINE	("Cardiorespiratory Fitness"[MeSH Terms] OR Cardiorespiratory Fitness[Text Word]) AND "Mobile devices"[MeSH Terms] OR electronic device*[Text Word]) AND ("adult"[MeSH Terms] OR adult[Text Word]) AND ("adults"[MeSH Terms] OR adult*[Text Word])
SciELO/SciELO - Brazil	((mh:Cardiorespiratory Fitness) OR (tw:Cardiorespiratory Fitness)) AND ((mh:Mobile devices) OR (tw:electronic device*)) AND ((mh:adult) OR (tw: adult*) OR (tw: adults*))
LILACS - Inglês/ Português	Cardiorespiratory Fitness AND Mobile devices AND adult OR Cardiorespiratory Fitness AND electronic device AND adult

Fonte: Dos autores.

Como critério de inclusão, os estudos deveriam apresentar as seguintes condições: a) publicados no período de 2015 à 2019; b) publicados nos idiomas português, inglês ou espanhol; c) realizados com adultos de ambos os sexos, com idades de 19 a 60 anos; d) somente artigos originais revisados por pares. Foram excluídos estudos que não realizaram a validação e/ou reprodutibilidade de dispositivos e aplicativos móveis para avaliar e monitorar a aptidão cardiorrespiratória em adultos.

As buscas dos artigos foram realizadas por dois pesquisadores de maneira independente. Ao final de cada etapa os pesquisadores realizaram uma reunião para discutir a inclusão ou exclusão dos estudos. Neste processo, os itens que apresentaram concordância entre os dois pesquisadores foram considerados adequados e incluídos na revisão. Todavia, quando houve divergência entre os dois pesquisadores quanto à inclusão ou exclusão de algum estudo, consultou-se a opinião de um terceiro pesquisador.

Na primeira etapa das buscas, foram incluídos todos os estudos que continham no título algum dos descritores utilizados. Nessa etapa foram encontrados um total de 3.396 estudos nas seguintes bases de dados: PubMed/MEDLINE, n=1.002; Scopus, n=12; *Web of Science*, n=1.493; LILACS - Inglês, n=149; LILACS - Português, n=293; SciELO, n=280; SciELO/Brazil, n=167, como pode ser observado na Figura 1.

¹ Ver em: <http://decs.bvs.br/>

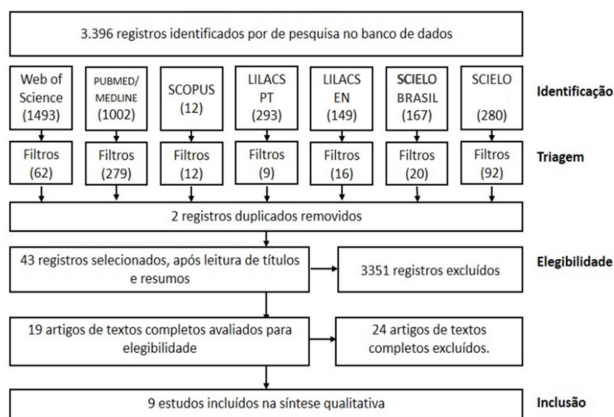


Figura 1. Diagrama de fluxo da seleção dos artigos no presente estudo. PT=português; EN=inglês. Fonte: dos autores

Na sequência, foram aplicados os filtros específicos considerados para as buscas (artigos publicados nos últimos 5 anos; publicadas nos idiomas: inglês, português ou espanhol; realizados com adultos), resultando 490 estudos. Após a análise dos artigos duplicados, 2 estudos foram excluídos, restando 488 para a fase de leitura por título.

Durante esta fase foram excluídos 445 estudos, restando 43 artigos para leitura dos resumos, processo responsável por excluir outros 24 artigos, devido a estes não objetivarem a avaliação de dispositivos móveis ou eletrônicos para o trato com a aptidão cardiorrespiratória. Dessa forma, restaram 19 estudos, os quais foram lidos na íntegra por ambos os avaliadores. Ao final da etapa de leitura, 10 artigos foram excluídos por não estarem condizentes com o tema proposto, o que resultou em um total de 9 estudos incluídos na presente revisão sistemática.

Uma planilha no programa Microsoft Excel® foi elaborada para a extração de dados dos artigos incluídos. Foram incluídas na planilha informações detalhadas acerca das características do estudo (autor e ano de publicação; revista onde o artigo foi publicado; local onde o estudo foi desenvolvido; ferramenta a ser validada), dos aspectos metodológicos (delineamento; sexo e idade da amostra; técnicas de seleção e cálculo amostral; instrumentos; métodos; principais variáveis do estudo; análise estatística utilizada) e dos desfechos (principais resultados; limitações; conclusão).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos nove estudos selecionados para compor a revisão, cinco foram desenvolvidos no continente europeu (COLLINS et al., 2019; KANTOCH, 2018; MIDDELWEERD et al., 2017; PRESSET et al., 2018; SOKAS et al., 2019), um na Ásia (LEE et al., 2015), um na América do Norte (BELTRAME et al., 2017), um na África (RENSBURG et al., 2016) e um estudo multicêntrico, o qual foi desenvolvido em 64 países diferentes (GANESAN et al., 2016). Em relação ao número amostral, os estudos variam de 4 (COLLINS et al., 2019) a 69.219 participantes (GANESAN et al., 2016). Cabe destacar que apenas um estudo (PRESSET et al., 2018) reportou cál-

culo amostral prévio, para determinar o número de participantes no estudo.

Diversas foram as variáveis exploradas nos estudos incluídos, além da AC, foram investigadas ainda a recuperação da frequência cardíaca, o comportamento sedentário, o risco cardiovascular e o índice de integridade física. Todos os trabalhos incluídos investigaram recursos como roupas inteligentes e/ou aplicativos para *smartphones*.

Os estudos fizeram uso de medidas alternativas aos dados gerados pelos dispositivos e aplicativos. Quatro estudos verificaram a precisão de aplicativos de monitoramento da AF para *smartphones* (GANESAN et al., 2016; MIDDELWEERD et al., 2017; PRESSET et al., 2018; RENSBURG et al., 2016) e, cinco estudos concentraram-se em analisar a aplicabilidade de dispositivos vestíveis (BELTRAME et al., 2017; COLLINS et al., 2019; KANTOCH, 2018; LEE et al., 2015; SOKAS et al., 2019).

O Quadro 2 apresenta uma síntese de todos os estudos incluídos na revisão, em relação à validade dos aplicativos e dispositivos, sete estudos apresentam resultados satisfatórios referentes aos dados dos equipamentos, indicando alta correlação entre os resultados do equipamento avaliado é o método comparativo (RENSBURG et al., 2016), boa precisão do equipamento (BELTRAME et al., 2017; LEE et al., 2015; KANTOCH, 2018; PRESSET et al., 2018; SOKAS et al., 2019) e validade dos dados gerados (GANESAN et al., 2016). Entretanto, dois estudos sugeriram prudência no uso dos equipamentos (COLLINS et al., 2019; MIDDELWEERD et al., 2017).

Os resultados dos estudos avaliados na presente revisão apresentam evidências de que alguns equipamentos de monitoramento da AF demonstram validade satisfatória. Nesse sentido, os principais achados dos estudos dessa revisão indicam que a) os aplicativos *Stepathlon* e *Runtastic*® (GANESAN et al., 2016; PRESSET et al., 2018) apresentaram boa validade de uso; b) o aplicativo *Fitbit One* (MIDDELWEERD, 2017) superestimou os dados da AF, o qual deve ser utilizado com prudência; c) as roupas inteligentes *Hexoskin*® (BELTRAME et al., 2017) e o protótipo de Kantoch (KANTOCH, 2018) apresentaram boa precisão e dados satisfatórios e; d) os dispositivos de pulso apresentaram capacidade limitada de mensuração da AF (geralmente por superestimação) e, devem ser utilizados com prudência.

De acordo com Ganesan et al. (2016), o aplicativo *Stepathlon* apresenta boa validade para implementação e monitoramento da AF, do mesmo modo, segundo Presset et al. (2018), o aplicativo *Runtastic*® é válido para mensuração do nível de AF, apresentando, inclusive, resultados mais precisos que os pedômetros mecânicos utilizados no estudo. Por outro lado, Middelweerd et al. (2017), ao avaliar o aplicativo *Fitbit One*, não encontraram resultados satisfatórios de validação, visto que, de acordo com os autores, o aplicativo superestima a AF, dessa forma, os autores sugerem prudência no uso desse dispositivo eletrônico.

De acordo com Düking et al. (2016), os recursos tecnológicos se caracterizam como o campo com maior crescimento no ramo da AF no âmbito mundial, o que sugere a necessidade do desenvolvimento de estudos de validação para apurar a qualidade dos equipamentos e recursos disponíveis no mercado. Entretanto, os dados apresentados indicam a pouco reprodutibilidade dos estudos de valida-

ção de aplicativos para smartphone, sendo que cada aplicativo deve ser avaliado e validado individualmente.

Para Beltrame et al. (2017), a dinâmica do consumo de oxigênio pode ser prevista a partir das mensurações da roupa inteligente *Hexoskin*, proporcionando a mensuração do sistema aeróbico durante as atividades não supervisionadas da vida diária. Do mesmo modo, Kantoch (2018), ao sugerir seu protótipo de roupas inteligentes apresenta resultados satisfatórios, na qual os resultados demonstraram que o método proposto pode ser usado para medir quantitativamente o comportamento sedentário sem limitar as atividades diárias.

De acordo com Halson, Peake e Sullivan (2016), além da indústria da tecnologia de monitoramento da AF atingir

entorno de US\$ 25 bilhões em 2019, algumas das limitações dos equipamentos são: a necessidade de colocar os dispositivos em locais anatômicos específicos; as mensurações em movimento e; a incerteza sobre a precisão da interpretação dos dados, o que reforça a importância dos achados de Beltrame et al. (2017) e Kantoch (2018) em relação às roupas inteligentes, as quais podem ser vestidas de maneira mais facilitada, permitem mensurações em movimento e apresentam precisão na interpretação dos dados.

A partir dos dados analisados por Collins et al. (2019), pode-se observar que os dispositivos vestíveis para uso no pulso ainda possuem limitações e baixa confiabilidade em alguns parâmetros. Para Peake, Kerr e Sullivan (2018), es-

Quadro 2. Autores, objetivos, características amostrais, procedimentos, resultados e conclusões dos estudos incluídos na revisão (n=9).

Autor (ano)	Objetivos	Amostra	Procedimento	Resultados	Conclusão
Lee et al. (2015)	Validar a plataforma <i>Group Heart Rate Terminal Monitoring</i> para o monitoramento da AC	35 ♂ (15 atletas e 20 sedentários) 21,8±1,3 (anos)	Os dois grupos foram monitorados pela plataforma <i>Group Heart Rate Terminal Monitoring</i> em diferentes tarefas. As médias dos grupos foram avaliadas pelo teste <i>t</i>	O grupo de atletas apresentou FC de repouso e de exercício estatisticamente menor ($p<0,05$) e % de recuperação de FC mais alta ($p<0,05$)	A plataforma foi considerada eficaz para fornecer uma medição de FC de grupo e para avaliação da AC
Rensburg et al. (2016)	Comparar o <i>FitTrack Index</i> com uma medida direta de AC, como o VO_{2max}	16 ♂♀ 20,3±1,0 (anos)	Estudo longitudinal (12 semanas) com um programa de treinamento. O <i>FitTrack</i> avaliou a aptidão física e testes laboratoriais o VO_{2max}	Foi identificado um CC de Spearman=0,853 ($p<0,01$) entre o índice <i>FitTrack</i> e a medida de VO_{2max} após as 12 semanas	Evidenciou-se alta correlação entre o índice <i>FitTrack</i> e o VO_{2max} após um programa de treinamento de 12 semanas
Ganesan et al. (2016)	Determinar o efeito do aplicativo <i>Stepathon</i> no monitoramento da AF	69.219 ♂♀ 36,0±9,0 (anos)	A amostra foi submetida a um evento anual global de 100 dias de AF. Foram submetidos ao uso de pedômetros, mediados pelo APP multi-plataforma	Os participantes registraram melhora ($p<0,01$) na contagem de passos (+3519 passos/dia), dias de exercícios (+0,89 dias), duração da sessão (-0,74 horas) e peso (-1,45 kg)	O uso APP para <i>smartphone</i> pode auxiliar na implementação global de intervenções na prática da, pois tem baixo custo e em amplo alcance.
Middelweerd (2017)	Analisar a validade do <i>Fitbit One</i> em comparação com o <i>ActiGraph G73x</i>	34 ♂♀ 23,9±3,9 (anos)	Estudo longitudinal de validação de instrumento (concorrência), onde os participantes utilizaram os dois instrumentos por uma semana, com análises de ICC e Bland-Altman	Os resultados indicam que o <i>Fitbit One</i> superestima a AF. Mostra excelentes associações com as medidas do <i>ActiGraph</i> para contagens de passos, mas razoáveis a boas em AF moderadas e vigorosas combinadas	O <i>Fitbit One</i> pode ser considerado um dispositivo válido para avaliar a contagem de passos
Beltrame et al. (2017)	Predizer e avaliar a resposta aeróbia (VO_2) durante atividades realistas a partir de medidas obtidas pela camisa inteligente <i>Hexoskin</i>	16 ♂ 27,0±7,0 (anos)	VO_2 avaliado análise de gases (K4b2, COSMED) e pelo instrumento vestível em tarefas rotineiras (caminhadas, organizar estante, carregar objetos e subir escadas). A comparação entre as medidas de VO_2 foi analisada pelo ICC e gráficos de Bland-Altman	O VO_2 previsto pela camisa <i>Hexoskin</i> correlacionou-se com a medida do SMP ($r=0,87$; $p<0,001$)	A dinâmica do consumo de oxigênio pode ser prevista a partir da fusão de dados do sensor vestível e algoritmos de previsão de aprendizado de máquina
Presset (2018)	Comparar a precisão do <i>Runtastic</i> com um pedômetro mecânico para contagem de passos em diferentes velocidades	18 ♂♀ 40±10 (anos)	Estudo experimental. Os dois instrumentos foram utilizados pelos participantes durante corrida e caminhada em esteira. Medidas comparadas por meio de ICC, testes de Wilcoxon, Friedman e Bland-Altman	A precisão do <i>Runtastic</i> é melhor que a do pedômetro mecânico em 2 km/h e 4 km/h ($p<0,05$). Nos 6 km/h os dois dispositivos têm precisão similar	O APP <i>Runtastic</i> é um contador de passos mais preciso, em configurações controladas, do que o <i>Yamax Digiwalker SW200</i>
Kantoch (2018)	Propor um sistema de reconhecimento automático do CS por meio de camisa inteligente	5 ♂♀ 40±10 (anos)	Avaliação de 12 tarefas em ambiente domiciliar. Foram coletados 28.800 de cada sujeito, com duração de 23 minutos. Foram utilizados recursos da modelagem estatística (verificar)	Os modelos preditivos investigados apresentaram: Precisão=95,00%±2,11%, Sensibilidade=91,11±6,88%, Especificidade=96,29±3,63%, Precisão=90,02±7,37%	O CS pode ser reconhecido a partir dos dados da camisa inteligente e pode ser utilizado para estimar tempo sedentário sem limitar as atividades diárias
Sokas et al. (2019)	Estimar os parâmetros de FC após subida de escadas usando um dispositivo no punho com a técnica de fotopletiografia	54 ♂♀ 25,5±8,1 (anos)	Estudo delineamento transversal. As medidas de FC foram obtidas por meio da pulseira inteligente <i>Fitbit Charge 2</i> e de sensores comparativos. As medidas de cada aparelho foram comparadas por meio de testes ANOVA	A constante de tempo de curto prazo e a queda da FC em 1 min após o início da recuperação são os parâmetros mais precisos e repetíveis	O estudo demonstrou a viabilidade dispositivo de pulso para estimar a recuperação da FC
Collins et al. (2019)	Avaliar a confiabilidade de monitores de FC e contagem de passos, em relação ao <i>Garmin Vivomart 3</i>	4 ♂♀ 38,5±14,2 (anos)	Delineamento experimental comparando as medidas de FC e contagem de passos entre os monitores <i>Vivomart 3</i> e o ECG Polar H10. O ICC os gráficos de Bland-Altman foram utilizados na análise de dados	Durante a caminhada na esteira, houve uma concordância pobre FC, mas uma boa concordância na contagem de passos. Durante as atividades cotidianas observou-se melhor concordância com FC e baixa concordância com o número de passos	Os autores reportaram problemas associados à FC em termos de confiabilidade durante a atividade

Legenda: AC=aptidão cardiorrespiratória; ♂=masculino; ♀=feminino; ICC= intervalo de correlação intraclass; FC=frequência cardíaca; APP=aplicativo; SMP=Sistema metabólico portátil; CS=Comportamento sedentário; min=minuto;

tas tecnologias estão em diferentes estágios de desenvolvimento, o que pode justificar uma confiabilidade maior para alguns parâmetros, como a recuperação da frequência cardíaca (SOKAS et al., 2019). Nesse sentido, devido às limitações apresentadas pelo processo de validação dessas tecnologias, os dados gerados por estes dispositivos devem ser utilizados com prudência (RAHSEPAR et al., 2018).

Algumas características dos estudos incluídos na presente revisão dificultaram a identificação mais clara do panorama acerca do tema estudado. Dentre estas características pode-se destacar a não utilização do cálculo amostral à priori, relatado em apenas um dos estudos. Do mesmo modo, reitera-se a falta de informações acerca da validade dos equipamentos utilizados para verificar a correlação com os dispositivos avaliados, não foram reportados, por exemplo, o uso de equipamentos padrão-ouro para a validação de concorrência.

Desse modo, sugere-se para futuros estudos a utilização do cálculo amostral para garantir a validade dos resultados encontrados, além da utilização de equipamentos e protocolos padrão-ouro para a validação concorrente. Cabe destacar também que, embora tenham sido empregados procedimentos metodológicos rigorosos na presente revisão, algum estudo adequado ao escopo do trabalho pode não ter sido incluído.

CONCLUSÃO

A presente revisão identificou que existem poucos estudos desenvolvidos para a validação dos dispositivos e aplicativos móveis voltados ao monitoramento da aptidão cardiorrespiratória. A partir dos estudos incluídos, observa-se que os aplicativos de smartphones e as roupas inteligentes parecem ser os recursos mais confiáveis até o momento. Diante da relevância da temática junto ao mercado consumidor, fica evidente a necessidade de novos trabalhos de elaboração e validação dos equipamentos eletrônicos que apresentem dados mais confiáveis e fidedignos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos colaboradores do Grupo de Pesquisa em Atividade Física, Esporte e Tecnologia (GEPAFETec) que atuaram nas diversas fases da coleta e seleção dos dados.

CONFLITO DE INTERESSE

Os autores do estudo declaram não haver conflito de interesses.

FINANCIAMENTO

Este estudo não teve apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, C. G. S.; CASTRO, C. L.; FRANCA, J. F.; SILVA, C. G. de S. CLINIMEX Aerobic Fitness Questionnaire: proposal and validation. *International Journal of Cardiovascular Sciences*, Rio de Janeiro, v. 32, n. 4, p. 331-42, 2019. DOI: <<https://doi.org/10.5935/2359-4802.20190064>>.

BALBANI, A. P. S. Impacto do uso do telefone celular na saúde de crianças e adolescentes. *Revista Paulista de Pediatria*, São Paulo, v. 29, n. 3, p. 430-6, 2011. DOI: <<https://doi.org/10.1590/S0103-05822011000300019>>.

BARRA, D. C. C.; PAIM, S. M. S.; DAL SASSO, G. T. M.; COLLA, G. W. Métodos para desenvolvimento de aplicativos móveis em saúde: revisão integrativa da literatura. *Texto e Contexto Enfermagem*, Florianópolis, v. 26, n. 4, p. 1-12, 2017. DOI: <<https://doi.org/10.1590/0104-07072017002260017>>.

BELTRAME, T.; AMELARD, R.; WONG, A.; HUGHSON, R. L. Prediction of oxygen uptake dynamics by machine learning analysis of wearable sensors during activities of daily living. *Scientific Reports*, London, v. 7, p. 1-8, 2017. DOI: <<https://doi.org/10.1038/srep45738>>.

BORT-ROIG, J.; GILSON, N. D.; PUIG-RIBERA, A.; CONTRERAS, R. S.; TROST, S. G. Measuring and Influencing physical activity with smartphone technology: A systematic review. *Sports Medicine*, London, v. 44, n. 5, p. 671-86, 2014. DOI: <<https://doi.org/10.1007/s40279-014-0142-5>>.

BOTTCHER, L. B. Atividade física como ação para promoção da saúde. *Revista Eletrônica Gestão & Saúde*, Brasília, p. 98-111, 2019. DOI: <<https://doi.org/10.26512/gsv.0i0.23324>>.

CHALMERS, I. *The Cochrane Collaboration: Preparing, maintaining and promoting the accessibility of systematic reviews of the effects of health care interventions*. The Cochrane Collaboration. Library, 2012. DOI: <<https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1993.tb26345.x>>.

COLLINS, T.; WOOLLEY, S. I.; ONIANI, S.; PIRES, I. M.; GARCIA, N. M.; LEDGER, S. J.; PANDYAN, A. Version reporting and assessment approaches for new and updated activity and heart rate monitors. *Sensors*, Basel, v. 19, n. 7, p. 1-13, 2019. DOI: <<https://doi.org/10.3390/s19071705>>.

DÜKING, P.; HOTH, A.; HOLMBERG, H. C.; FUSS, F. K.; SPERLICH, B. Comparison of non-invasive individual monitoring of the training and health of athletes with commercially available wearable technologies. *Frontiers in Physiology*, Lausanne, v. 7, n. 71, p. 1-11, 2016. DOI: <<https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00071>>.

GANESAN, A. N.; LOUISE, J.; HORSFALL, M.; BILSBOROUGH, S. A.; HENDRIKS, J.; MCGAVIGAN, A. D.; ... ; CHEW, D. P. International mobile-health intervention on physical activity, sitting, and weight: The Stepathlon Cardiovascular Health Study. *Journal of the American College of Cardiology*, Washington DC, v. 67, n. 21, p. 2453-63, 2016. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.jacc.2016.03.472>>.

GODINHO, A. S.; GONÇALVES, N. H.; AGUIAR, F. S.; SILVA JUNIOR, R. F. da.; BAUMAN, J. M.; BAUMAN, C. D. Principais fatores relacionados ao sobrepeso e obesidade infantil. *Revista Eletrônica Nacional de Educação Física*, Montes Claros, v. 9, n. 13, p. 27-40, 2019. DOI: <<https://doi.org/10.35258/rn2019091300028>>.

GUERRA, P. H.; FARIAS JÚNIOR, J. C. de; FLORINDO, A. A. Sedentary behavior in Brazilian children and adolescents: a systematic review. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v. 50, n.9, p. 1-15, 2016. DOI: <<https://doi.org/10.1590/S1518-8787.2016050006307>>.

HALSON, S. L.; PEAKE, J. M.; SULLIVAN, J. P. Wearable technology for athletes: Information overload and pseudoscience? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, Hanover, v. 11, n. 6, p. 705-706, 2016. DOI: <<https://doi.org/10.1123/IJSP.2016-0486>>.

KANTOCH, E. Recognition of sedentary behavior by machine learning analysis of wearable sensors during activities of daily living for telemedical assessment of cardiovascular risk. *Sensors*, Basel, v. 18, n. 10, p. 2-17, 2018. DOI: <<https://doi.org/10.3390/s18103219>>.

LEE, R. G.; CHEN, C. Y.; HSIAO, C. C.; LIN, R. Heart rate monitoring systems in groups for reliability and validity assessment of cardiorespiratory fitness analysis. *Biomedical Engineering: Applications, Basis and Communications*, Singapura, v. 27, n. 6, p. 1-15, 2015. DOI: <<https://doi.org/10.4015/S1016237215500556>>.

LIMA, D. F. de; LEVY, R. B.; LUIZ, O. do C. Recomendações para atividade física e saúde: consensos, controvérsias e ambiguidades. *Revista Panamericana de Salud Pública*, Washington, v. 36, n. 3, p. 164-70, 2014. Disponível em: <<https://www.scielosp.org/article/rpsp/2014.v36n3/164-170>>.

MIDDELWEERD, A. VAN DER PLOEG, H. P.; VAN HALTEREN, A.; TWISK, J. W. R.; BRUG, J.; TE VELDE, S. J. A validation study of the fitbit one in daily life using different time intervals. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Indianapolis, v. 49, n. 6, p. 1270-9, 2017. DOI: <<https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001225>>.

OLIVEIRA, A. R. F. de; ALENCAR, M. S. M. de. O uso de aplicativos de saúde para dispositivos móveis como fontes de informação e educação em saúde. *Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, Campinas, v. 15, n. 1, p. 234-45, 2017. DOI: <<https://doi.org/10.20396/rdbci.v0i0.8648137>>.

PEAKE, J. M.; KERR, G.; SULLIVAN, J. P. A critical review of consumer wearables, mobile applications, and equipment for providing biofeedback,

monitoring stress, and sleep in physically active populations. *Frontiers in Physiology*, Lausanne v. 9, p. 1-19, 2018. DOI: <<https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00743>>.

PRESSET, B.; LAURENCZY, B.; MALATESTA, D.; BARRAL, J. Accuracy of a smartphone pedometer application according to different speeds and mobile phone locations in a laboratory context. *Journal of Exercise Science and Fitness*, Hong Kong, v. 16, n. 2, p. 43-8, 2018. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.jesf.2018.05.001>>.

RAHSEPAR, A. A.; COLLINS, J. D.; KNIGHT, B. P.; HONG, K.; CARR, J. C.; KIM, D. Wideband LGE MRI permits unobstructed viewing of myocardial scarring in a patient with an MR-conditional subcutaneous implantable cardioverter-defibrillator. *Clinical Imaging*, New York, v. 50, p. 294-6, 2018. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.clinimag.2018.05.005>>.

RENSBURG, D. C. J. V.; GRANT, C. C.; RENSBURG, A. J. V.; BOTHA, R. P. G.; WOOD, P. S.; NOLTE, K.; ...; KRUGER, P. E. The fittrack index as fitness indicator: A pilot study. *Health SA Gesondheid*, Cape Town, v. 21, p. 431-6, 2016. DOI: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.hsag.2016.07.005>>.

ROCHA, B. M. C.; GOLDBAUM, M.; CÉSAR, C. L. G.; STOPA, S. R. Sedentary behavior in the city of São Paulo, Brazil: ISA-Capital 2015. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, Rio de Janeiro, v. 22, p. 1-15, 2019. DOI: <<https://doi.org/10.1590/1980-549720190050>>.

SAWKA, M. N.; FRIEDL, K. E. Emerging wearable physiological monitoring technologies and decision AIDS for health and performance. *Journal of Applied Physiology*, Rockville, v. 124, n. 2, p. 430-1, 2018. DOI: <<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00964.2017>>.

SOKAS, D.; PETRENAS, A.; DAUKANTAS, S.; RAPALIS, A.; PALIAKAITE, B.; MAROZAS, V. Estimation of heart rate recovery after stair climbing using a wrist-worn device. *Sensors*, Basel, v. 19, n. 9, p. 1-14, 2019. DOI: <<https://doi.org/10.3390/s19092113>>.

TOTH, L. P.; PARK, S.; SPRINGER, C. M.; FEYERABEND, M. D.; STEEVES, J. A.; BASSETT, D. R. Video-recorded validation of wearable step counters under free-living conditions. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Indianapolis, v. 50, n. 6, p. 1315-22, 2018. DOI: <<https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001569>>.

VICTO, E. R. de.; FERRARI, G. L. de M.; SILVA JUNIOR, J. P. da.; ARAÚJO, T. L.; MATSUDO, V. K. R. Lifestyle indicators and cardiorespiratory fitness in adolescents. *Revista Paulista de Pediatria*, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 61-8, 2017. DOI: <<https://doi.org/10.1590/1984-0462/2017/35/1/00016>>.

ORCID E E-MAIL DOS AUTORES

Diogo Bertella Foschiera (Autor Correspondente)

 <https://orcid.org/0000-0001-5305-1432>

 foschieradiogo@gmail.com

Elto Legnani

 <https://orcid.org/0000-0002-8251-8000>

 legnanielto@gmail.com


Eva Luziane Denkwicz Gustave

 <https://orcid.org/0000-0003-0167-371X>

 evadenkwicz@yahoo.com.br

Darlan França Ciesielski-Junior

 <https://orcid.org/0000-0003-2896-3530>

 darlan.ciesielski@gmail.com

Ciro Renato Miranda-Junior

 <https://orcid.org/0000-0003-2505-9431>

 fisioterapiaciro@yahoo.com.br


Sérgio Luiz de Abreu

 <https://orcid.org/0000-0002-9431-5630>

 sergioabreu@alunos.utfpr.edu.br

Rosimeide Francisco Santos Legnani

 <https://orcid.org/0000-0001-7604-3056>

 legnanirosi@gmail.com