

Andréia Kunzler Rodrigues<sup>1</sup>  
Maria Julia Armiliato<sup>1</sup>  
Tonantzin Ribeiro Gonçalves<sup>1,2</sup>  
Elisa Kern de Castro<sup>3</sup>  
Renan Propodoski Guerine<sup>4</sup>  
Murilo Ricardo Zibetti<sup>1</sup>  
Mateus Luz Levandowski<sup>5,6</sup>  
Sandro José Rigo<sup>7</sup>

## Dispositivos Vestíveis para monitoramento psicofisiológico do estresse: uma revisão narrativa

### *Wearables devices for monitoring psychophysiological stress: a narrative review*

#### RESUMO

Dispositivos vestíveis utilizam sensores que capturam sinais fisiológicos continuamente e, uma vez processados, permitem o monitoramento e o desenvolvimento de intervenções em diversas áreas da saúde, incluindo os transtornos mentais. Na clínica, esse tipo de tecnologia pode contribuir tanto na mensuração objetiva e contínua do estresse quanto gerar *feedbacks* quando ocorrem situações estressantes. Esta revisão narrativa da literatura enfocou esses equipamentos, apresentando os principais dados científicos disponíveis, além de oportunidades e dificuldades na implementação desses aparelhos na avaliação do estresse e em tratamentos de saúde. As pesquisas revisadas indicaram que é necessário o desenvolvimento de sistemas mais robustos e teoricamente fundamentados que integrem respostas fisiológicas, subjetivas e contextuais para a implementação desse tipo de dispositivo em contextos clínicos. No entanto, a acurácia já demonstrada por sensores vestíveis em situações laboratoriais e alguns testes de monitoramento contínuo reforçam que estas são ferramentas com grande potencial de aplicação na prática da clínica psicológica.

**Palavras-chave:** estresse fisiológico; estresse psicológico; monitoramento; dispositivos eletrônicos vestíveis.

#### ABSTRACT

Wearable devices use sensors that continuously capture physiological signals and, once processed, allow the monitoring and development of interventions in various areas of health, including mental disorders. In Clinical Psychology, this type of technology can cooperate to the objective and continuous measurement of stress, as well as to generate feedback when stressful situations occur. This narrative literature review focused on these devices, presenting the main scientific data available, as well as opportunities and difficulties in implementing these devices in stress assessment and health treatments. The reviewed research indicated that it is necessary to develop more robust and theoretically based systems that integrate physiological, subjective and contextual responses to implement this type of wearable in clinical contexts. However, the accuracy already demonstrated by wearable sensors in laboratory situations and some continuous monitoring tests, reinforce that these are tools with great potential for application in clinical psychological practice.

**Keywords:** physiological stress; psychological stress; monitoring; wereable electronic devices.

<sup>1</sup> Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Programa de Pós Graduação em Psicologia - São Leopoldo - RS - Brasil.

<sup>2</sup> Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Programa de Pós Graduação em Saúde Coletiva - São Leopoldo - RS - Brasil.

<sup>3</sup> Universidade Lusíada de Lisboa, Instituto de Psicologia e Ciências da Educação - Lisboa - Lisboa - Portugal.

<sup>4</sup> Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Escola de Saúde - Faculdade de Educação Física - São Leopoldo - RS - Brasil.

<sup>5</sup> Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Faculdade de Medicina, Curso de Psicologia - Pelotas - RS - Brasil.

<sup>6</sup> Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Programa de Pós Graduação em Psicologia - Rio Grande - RS - Brasil.

<sup>7</sup> Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Programa de Pós Graduação em Computação Aplicada - São Leopoldo - RS - Brasil.

#### Correspondência:

Murilo Ricardo Zibetti  
E-mail: mrzibetti@gmail.com

Este artigo foi submetido no SGP (Sistema de Gestão de Publicações) da RBTC em 20 de Agosto de 2021. cod. 244.

Artigo aceito em 27 de Janeiro de 2022.

DOI: 10.5935/1808-5687.20220007

## INTRODUÇÃO

O estresse é um fenômeno natural e funcional para a preservação da espécie, constituindo-se em uma resposta psicofisiológica frente a percepção de estímulos internos ou externos de ameaça (Boonstra, 2013). Em uma situação de ameaça à homeostase do organismo, há alterações no sistema nervoso autônomo que desencadeiam reações de luta ou fuga, aumentando as chances de sobrevivência do indivíduo (Kauer-Sant'Anna et al., 2011). No âmbito da psicologia, entende-se que o estresse é o resultado de algo percebido como ameaçador, ou seja, há um componente subjetivo de avaliação cognitiva do estressor que desencadeia uma série de efeitos psicofisiológicos. Portanto, um mesmo evento estressor pode ser interpretado de maneira diferente pelas pessoas e produzir reações de estresse também distintas (Otaran et al., 2018).

Quando a resposta do indivíduo ao evento estressor não ocorre de forma adaptativa, a situação de estresse é persistente ou a reação ao estresse permanece por muito tempo, ela pode começar a causar danos, ocasionando um processo chamado estresse crônico, que também gera resposta de estresse oxidativo em nível biológico (Kauer-Sant'Anna et al., 2011). O estresse crônico está associado ao desenvolvimento de problemas de saúde física e mental, incluindo doenças cardiovasculares, transtornos depressivos e de ansiedade (Cohen et al., 2007). Assim, a psicofisiologia pode contribuir por meio do desenvolvimento de formas de mensuração e análise das medidas relacionadas ao estresse, com subsídios para a prevenção e a intervenção (Can et al., 2019).

A dinâmica das respostas ao estresse é mediada pelo eixo hipotálamo-pituitária-adrenal (HPA) que libera uma série de respostas por meio dos sistemas nervoso, endócrino e imunológico. O eixo HPA regula a liberação de cortisol através da glândula adrenal, e esse hormônio é um glicocorticoide que colabora com as reações fisiológicas de estresse.

As reações fisiológicas de estresse, por sua vez, são reguladas pelo sistema nervoso autônomo, que é dividido entre sistema nervoso simpático (SNS) e sistema nervoso parassimpático (SNP). A alteração do equilíbrio desses sistemas impacta em respostas fisiológicas, causando alterações na frequência cardíaca, na digestão e na sudorese, características do estresse (Bear et al., 2017). A partir dessas alterações fisiológicas, o estresse pode ser identificado por meio de diferentes marcadores (Gee et al., 2016; Henriques et al., 2011) e, conseqüentemente, ser mensurado de diversas formas. Nessa direção, o objetivo deste artigo foi realizar uma revisão narrativa sobre a utilização desses marcadores para aferição do estresse, com especial ênfase no desenvolvimento e uso de dispositivos vestíveis (*wearable devices* ou *wearables*). O termo "dispositivo vestível" é empregado para definir aparelhos tecnológicos portáteis que utilizam biossensores capazes de monitorar dados fisiológicos e, dessa forma, fornecer informações contínuas sobre a saúde do usuário (Schüll, 2016; Soh et al., 2015). Nesse sentido,

inicialmente, serão abordadas as possibilidades e limitações da avaliação psicofisiológica do estresse. Posteriormente, serão discutidos aspectos conceituais, evidências científicas e desafios nas pesquisas sobre dispositivos vestíveis para a aplicação de monitoramento no contexto da clínica psicológica.

## AValiação psicofisiológica do estresse

A psicofisiologia investiga a relação entre variáveis psicológicas e fisiológicas, considerando a interação cérebro, corpo e ambiente (Andreassi, 2007). Esse campo apresenta diversas potencialidades para a colaboração interdisciplinar (Hughes et al., 2018), entre eles, o estudo dos marcadores fisiológicos para monitoramento do estresse, sendo os principais o eletrocardiograma, a atividade eletrodermal, a eletromiografia e a eletroencefalografia (Henriques et al., 2011).

O aparelho mais associado à medida fisiológica do estresse é o eletrocardiograma (ECG) (Kim et al., 2018), que permite mensurar a frequência cardíaca e a variabilidade da frequência cardíaca (VFC), além de outros parâmetros associados ao SNP e ao SNS (Valenza et al., 2018). A ativação do SNS, decorrente da presença de um estressor, aumenta a frequência cardíaca. A VFC refere-se à variação nos intervalos R-R (ponto de maior atividade elétrica do ciclo cardíaco), que indicam o intervalo entre um batimento cardíaco e outro (De Witte et al., 2019), tendo causas diversas como alterações no ritmo da respiração, alterações físicas, comportamentais e emocionais. Diferentemente da frequência cardíaca, uma maior VFC indica a interação ideal entre os SNS e SNP (Lagos et al., 2008). Portanto, a VFC mostra-se sensível para a identificação das alterações no SNS e no SNP em situações de estresse. Entretanto, seus parâmetros ainda são usados com cautela devido às suas limitações, como sofrer a influência de muitas variáveis, como ruídos e padrões fisiológicos individuais, devendo-se considerar também que a percepção subjetiva e os aspectos de saúde também podem afetar esses dados, diminuindo a especificidade no contexto de avaliações clínicas (Kim et al., 2018).

Outra medida que recebe bastante atenção é a eletroencefalografia (EEG), que registra a atividade elétrica de células cerebrais. A EEG é capaz de detectar cinco diferentes ritmos cerebrais: delta, teta, alfa, beta e gama. Estes ritmos são níveis diferentes em termos dos sinais elétricos medidos em hertz, correlacionados a estados como sono profundo, emoções, estado de relaxamento, atenção concentrada e processamento de informações. A EEG sofre influências de aspectos como idade, comportamento, atenção, disfunções metabólicas e medicamentos (Blinowska & Durka, 2006).

Por sua vez, a atividade eletrodermal (EDA) refere-se à capacidade da pele de conduzir eletricidade. Os sensores, nesse caso, avaliam a atividade elétrica das glândulas sudoríparas que não têm inervação parassimpática, sendo uma

medida influenciada exclusivamente pela ativação do SNS que, ao produzir mais suor, aumenta a condutividade elétrica da pele (Posada-Quintero & Chon, 2020). Outras medidas utilizadas em alguns estudos são a temperatura da pele, geralmente associada à pressão sanguínea, sendo influenciada por fatores externos e internos ao organismo, além da eletromiografia, que mede os sinais elétricos (hertz) emitidos durante a contração muscular - quanto mais elevada, maior a tensão muscular daquela região, podendo ser associada a esforço físico ou tensão devido ao estresse, por exemplo (Shaffer & Neblett, 2010).

As evidências que associam padrões de reatividade psicofisiológica com transtornos mentais ou condições emocionais têm se avolumado e esses resultados permitem vislumbrar um potencial avanço em termos de avaliação na área da psicologia, complementando, com achados mais objetivos, as medidas baseadas exclusivamente no autorrelato do paciente (Seppälä et al., 2019). Além disso, os dados psicofisiológicos possibilitam uma ampla gama de intervenções, de forma que os pacientes possam reconhecer gatilhos e reações fisiológicas associadas às emoções e se comportar com maior consciência desses processos. Essas formas de aplicabilidade são apresentadas e discutidas a seguir.

## A AVALIAÇÃO DOS MARCADORES PSICOFISIOLÓGICOS DE ESTRESSE E SUA APLICAÇÃO NA PSICOLOGIA CLÍNICA DA SAÚDE

Uma das ferramentas mais utilizadas no contexto de tratamento clínico que conta com o apoio da psicofisiologia é o *biofeedback*. Derivada da psicofisiologia e influenciada por diferentes áreas, como terapia comportamental, medicina comportamental, pesquisa e estratégias de intervenção no estresse, engenharia biomédica, entre outras, a abordagem do *biofeedback* surgiu nos Estados Unidos na década de 1960 (Miller, 1969). O *biofeedback* refere-se a uma técnica para captar medidas psicofisiológicas do corpo e proporcionar um retorno visual ou auditivo ao indivíduo. As medidas psicofisiológicas são captadas por sensores que enviam as informações a um dispositivo de monitoramento eletrônico (*software* de computador ou aplicativo em dispositivo móvel), o qual processa o conteúdo captado e apresenta um *feedback* instantâneo ao usuário. Essa técnica apoia-se no princípio de que à medida que o indivíduo adquire maior consciência das suas respostas psicofisiológicas mal-adaptativas, ele passa a ter mais controle sobre seus estados fisiológico e emocional (Schoenberg & David, 2014).

O *biofeedback* pode ser utilizado tanto para manejo do estresse na população não clínica (Yu et al., 2018) quanto para o tratamento de transtornos de ansiedade, insônia e enxaqueca, por exemplo, apresentando evidências de redução dos sintomas e melhora dos quadros clínicos (Goessl et al., 2017; Lantyer et

al., 2013). Apesar disso, novos estudos clínicos são necessários para reforçar a utilidade desse mecanismo (Gee et al., 2016). As revisões da literatura que investigam o uso de *biofeedback* relacionado à ansiedade e ao estresse evidenciam que a maioria das pesquisas usa o indicador de VFC e apresenta bons resultados para identificar o estresse e intervir nos sintomas (De Witte et al., 2019; Lantyer et al., 2013).

Ao mesmo tempo, os dispositivos de *biofeedback* apresentam importantes limitações, considerando que os aparelhos, muitas vezes, necessitam ser conectados por fios a computadores ou fornecem *feedback* por um tempo limitado, não sendo aplicáveis na rotina das pessoas, mas para tarefas ou atividades pontuais. Assim, o uso da abordagem do *biofeedback* ainda exige que as intervenções sejam aplicadas em contextos mais controlados, como o consultório, para resultarem em medidas confiáveis e, muitas vezes, apresentam custo elevado ou exigem treinamento para sua utilização, não sendo práticas para uso em situações de rotina (Yu et al., 2018).

Nos últimos anos, o avanço tecnológico no desenvolvimento dos biossensores permitiu que técnicas como o *biofeedback* empreguem dispositivos com melhor acessibilidade, portabilidade, praticidade, conforto e qualidade dos dados coletados. Isso tem possibilitado o uso de dispositivos de *biofeedback* como fonte de dados para monitorar continuamente o estado fisiológico, a partir de sensores em dispositivos vestíveis (Kamisačić et al., 2018). Alguns desses sensores vestíveis consistem em dispositivos de baixo custo que fornecem sinais de boa qualidade (Attaran et al., 2018; Betti et al., 2017; Saha et al., 2018). Assim, estão surgindo novas possibilidades de aplicação e intervenção associadas às medidas fisiológicas, considerando a eficiência crescente das plataformas que processam informações em tempo real, fornecendo uma resposta imediata ao usuário (Li et al., 2016). Com o desenvolvimento de sistemas vestíveis, a tendência é que os modelos de atendimento em saúde sofram muitas mudanças, sendo possível um monitoramento contínuo dos indivíduos e a personalização de tratamentos e estratégias preventivas (Servati et al., 2017; Zhou, 2020).

Atualmente, os dispositivos vestíveis podem ser encontrados na forma de relógios e até vestimentas que são conectados por *bluetooth* a *smartphones* e, muitas vezes, associados a aplicativos mais elaborados, capazes de coletar, processar e integrar os sinais fisiológicos. Os aplicativos, em geral conhecidos como *mHealth*, têm potencial para modificar o acompanhamento e o tratamento de transtornos mentais (Seppälä et al., 2019), considerando que podem ser utilizados para promover *feedback* instantâneo ao usuário e ampliar o envolvimento deste com a ferramenta em seu cotidiano (Yu et al., 2018). Nesse sentido, os dados fisiológicos fornecidos pelos sensores podem ser coletados *on-line* por dispositivos móveis, os quais podem suportar aplicativos para detectar estados específicos e gerar intervenções a serem seguidas pelos usuários (Jebelli et al., 2018). Essa tecnologia aplicada

à área da saúde vem recebendo diversas nomenclaturas, como *wearable wireless health monitoring* (Soh et al., 2015), *wearable/attachable health monitoring* (Wang et al., 2017) e, em português, dispositivos vestíveis.

Os dispositivos vestíveis são portáteis e fáceis de usar. Oferecem principalmente vantagens em termos de coleta contínua de dados fisiológicos em ambiente ecológico, utilizando técnicas computacionais avançadas na detecção de padrões ou alterações nesses dados e possibilitando avaliação e intervenções personalizadas às necessidades do indivíduo. A possibilidade de monitoramento contínuo de padrões fisiológicos, de movimento e de dados contextuais permite uma ampla gama de aplicações dessas tecnologias, dentro e fora da clínica psicológica, auxiliando o profissional e o usuário na promoção da saúde mental e na regulação emocional (Can et al., 2019; Smets et al., 2018).

O funcionamento dos dispositivos vestíveis como ferramentas para monitorar estresse está intimamente associado aos avanços computacionais na área de *machine learning* e inteligência artificial, os quais permitem modelar e prever estados de estresse a partir da detecção de padrões nos dados fisiológicos registrados (Niemann et al., 2018; Sano & Picard, 2013). Entende-se que a avaliação contínua de estados fisiológicos associados ao estresse ao longo do dia apresenta potencial para aumentar a compreensão sobre os padrões de resposta ao estresse, além de permitir a identificação de antecedentes e gatilhos no desenvolvimento de doenças, em especial as psicológicas. Esse recurso pode complementar e integrar a intervenção psicológica, considerando que, durante o tratamento, o monitoramento contínuo pode aumentar a consciência emocional dos pacientes, sendo um meio para o rastreamento de sintomas e acompanhamento, e para ampliar a compreensão dos padrões de pensamentos, emoções, comportamentos e reações fisiológicas (Sharmin et al., 2015).

Como se percebe, são muitas as possibilidades clínicas da utilização de dispositivos vestíveis associados a aplicativos, incluindo aspectos da avaliação, tratamento e orientações preventivas em saúde (Miller, 2012). O acesso a dispositivos móveis em qualquer hora e lugar possibilita que intervenções mediadas por eles sejam realizadas em momentos de maior necessidade, diante de situações de risco ou sofrimento significativo (Lui et al., 2017), podendo aumentar a motivação e o engajamento do usuário no tratamento e possibilitando uma ação terapêutica em situações de crise (Christmann et al., 2017).

Também são chamados de aplicativos *mHealth* ferramentas relacionadas aos *softwares* para cuidados em saúde (física ou mental) disponíveis em aparelhos móveis como *smartphones* ou *tablets* (Marcolino et al., 2018). Os dispositivos vestíveis (Lee et al., 2019) e os aplicativos *mHealth* (Marcolino et al., 2018) estão entre as diversas tecnologias que emergiram nos últimos anos e que têm potenciais aplicações na psicologia da saúde. No entanto, é importante salientar que embora possam funcionar de maneira integrada, dispositivos vestíveis

e aplicativos *mHealth* podem ser desenvolvidos e utilizados de maneira independente.

Uma das diferenças no uso dessas tecnologias é que os aplicativos possibilitam o registro de informações relevantes ao tratamento e, também, podem fornecer intervenções comportamentais breves, como técnicas de relaxamento (Wang et al., 2018). Os *mHealth* não necessitam de integração com sinais fisiológicos, embora sejam uma excelente ferramenta de *feedback*, dado o monitoramento contínuo promovido pelos dispositivos vestíveis.

Por fim, considera-se que os dispositivos vestíveis representam uma tecnologia recente e com potencial para aplicação na área da saúde, como alguns estudos já demonstram. Por exemplo, estão sendo utilizados na reabilitação domiciliar de pessoas com doenças crônicas como Parkinson (Soh et al., 2015) ou para monitoramento de pacientes internados em hospitais (Lee et al., 2019). No futuro, há possibilidade de integrar informações com bancos dos sistemas de saúde, abrindo espaço para a validação e o cruzamento de dados, bem como para a padronização de protocolos clínicos. Entretanto, para que esse tipo de equipamento componha um sistema de informações de qualidade e eticamente aceitáveis, é necessário um conjunto de pesquisas de diferentes áreas (Piwek et al., 2016). Portanto, os dispositivos vestíveis constituem um campo recente e promissor de investigações básicas e aplicadas na área da saúde de modo geral. Em particular, a literatura aponta um crescente interesse por estudos de desenvolvimento de dispositivos vestíveis para monitoramento contínuo de respostas psicofisiológicas relacionadas ao estresse (Can et al., 2019; Giannakakis et al., 2019).

## ESTUDOS DE MEDIDAS PSICOFISIOLÓGICAS E APLICAÇÕES DOS DISPOSITIVOS VESTÍVEIS PARA AVALIAÇÃO CONTÍNUA DE ESTRESSE

Os estudos relacionados à utilização de dispositivos vestíveis para avaliação fisiológica do estresse podem ser organizados em duas vertentes. A primeira delas concentra-se em pesquisas realizadas em condições laboratoriais com controle de variáveis, de forma a tentar obter dados fidedignos sobre a resposta ao estresse (Rodrigues et al., 2018; Schmidt et al., 2018). A segunda vertente refere-se à coleta de dados em ambiente ecológico, de forma a obter informações de situações naturais como, por exemplo, durante o sono (Muaremi et al., 2014), no trânsito (Rodrigues et al., 2015), em ambiente laboral (Hernandez et al., 2011) ou, simplesmente, em situações rotineiras (Adams et al., 2014; Sano & Picard, 2013), auxiliando a desenvolver abordagens de avaliação com alta validade externa.

A maioria dos estudos avalia as respostas fisiológicas de estresse em laboratório (p. ex., Rodrigues et al., 2018; Schmidt et al., 2018), enquanto a avaliação contínua durante o cotidiano ainda é incipiente. Os estudos que buscam avaliar o estresse

de forma contínua, em contexto ecológico, passaram a ser de interesse do campo científico apenas na última década, considerando que a tecnologia para suportar tais investigações surgiu recentemente. As medidas mais utilizadas nessas condições são o ECG, a EDA e a temperatura da pele (ver Tabela 1). Um dado complementar às medidas fisiológicas comumente empregado é o acelerômetro (ACC), que indica se o indivíduo está em repouso ou em deslocamento, possibilitando filtrar se a resposta fisiológica se deve a um evento estressor ou à locomoção. As principais pesquisas acerca dos dispositivos vestíveis que pudemos revisar estão descritas na Tabela 1. Salienta-se que grande parte delas contempla a população não clínica, com exceção do estudo realizado por Kikhia et al. (2018), que monitorou idosos com demência. Um detalhe de particular interesse refere-se à área dos pesquisadores que realizam esses estudos, sendo a maioria vinculada ao campo das tecnologias, sendo uma exceção o estudo de Smets et al. (2018), que teve participação de autores da área da psicologia e das neurociências.

A Tabela 1 indica ainda que a maioria dos estudos foi realizada em países da Europa e da América do Norte. Grande parte deles contava com múltiplas medidas e amostras pequenas de sujeitos. Seus objetivos, em geral, estavam no teste, em laboratório ou em contexto ecológico, de sistemas que fossem precisos na identificação de padrões psicofisiológicos de estresse. Na Tabela 2, apresentamos os principais procedimentos e resultados dos estudos revisados.

Apesar de ser ainda uma área emergente de pesquisa, é importante considerar que existem muitas lacunas nos estudos que buscam o desenvolvimento de dispositivos capazes de monitorar o estresse ao longo do dia. Segundo Gjoreski et al. (2017), trata-se de um problema muito desafiador, considerando que o estresse é altamente subjetivo; é difícil definir o começo, a duração e a intensidade de cada evento estressor e, para sua mensuração, devem ser considerados, simultaneamente, pelo menos de três formas de resposta de estresse: fisiológica, emocional e comportamental. Ainda, é um desafio desenvolver modelos computacionais capazes de diferenciar

**Tabela 1.** Estudos descritivos sobre avaliação contínua de estresse com uso de dispositivos vestíveis.

Nº. e Autores	País	Objetivo	Medidas psicofisiológicas	Amostra
1. Hernandez et al. (2011)	Estados Unidos	Avaliar estresse psicofisiológico em trabalhadores de <i>call center</i>	EDA	Adultos (N = 9)
2. Sano e Picard (2013)	Estados Unidos	Avaliar estresse ao longo do dia	ACC, EDA, dados contextuais (p. ex. conteúdo da chamada)	Adultos (N = 18)
3. Adams et al. (2014)	Estados Unidos	Avaliar os níveis de estresse no cotidiano	EDA e tom de voz	Adultos (N = 10)
4. Muaremi et al. (2014)	Suíça	Avaliar níveis de estresse a partir de padrões de sono noturno	ACC, ECG, EDA respiração, postura, TP	Adultos (N = 10)
5. Hovsepian et al. (2015)	Estados Unidos	Desenvolver um modelo de detecção de estresse	ACC, ECG e PPG	Coleta ecológica (N = 20) e em laboratório (N = 26)
6. Kikhia et al. (2018)	Suécia	Monitorar o estresse e o sono de idosos com quadro de demência	ACC, EDA, sensor de sono	Idosos com demência (N = 4)
7. Rodrigues et al. (2015)	Portugal	Desenvolver sistema de detecção de estresse para motoristas	ACC, ECG e localização (GPS)	Adultos (N = 36)
8. Gjoreski et al. (2017)	Eslovênia	Monitorar o estresse psicológico cotidiano	ACC, BVP, EDA, ECG e TP	Adultos (N = 21)
9. Smets et al. (2018)	Bélgica	Desenvolver sistema de detecção de estresse	ACC, ECG, EDA e TP	Adultos saudáveis (N = 1002)
10. Can et al. (2019)	Turquia	Desenvolver sistema de detecção de estresse na rotina diária	ACC, EDA, PPG e TP	Adultos (N = 21)
11. Han (2019)	Estados Unidos	Desenvolver sistema de detecção de estresse na rotina diária	PPG, ECG e EDA	Adultos (N = 17)
12. Pratap et al. (2020)	Estados Unidos	Avaliar estresse em retiro de bem-estar (antes, durante e depois)	ECG	Adultos (N = 112)
13. Rosa e Yang (2019)	Estados Unidos	Avaliar estresse durante atividade física e tarefa mental de aritmética	ECG, GSR, TP e Biomovimento	Adultos (N = 5)

Nota. Nº: número atribuído ao estudo na presente revisão; CC: acelerômetro; BVP: *blood volume pressure*, ou volume da pressão sanguínea; ECG: eletrocardiograma (incluindo frequência cardíaca ou variabilidade de frequência cardíaca); EDA: atividade eletrodermal; PPG: fotopleletismografia; TP: temperatura da pele.

**Tabela 2.** Resultados dos estudos sobre avaliação contínua de estresse com uso de dispositivos vestíveis.

Fonte*	Método	Principais resultados
1.	Foram avaliados os dados fisiológicos e comparados com a percepção subjetiva em 1.500 ligações em <i>call centers</i> .	Precisão de 78,03% para avaliação de estresse durante as ligações estressantes.
2.	Foram avaliados níveis de estresse na rotina diária. Os dados foram associados a informações de autorrelato, como níveis de estresse e qualidade do sono.	Precisão de 75% para detecção de níveis baixo e alto de estresse.
3.	Foram coletados os dados fisiológicos durante a rotina diária por sete dias, utilizando também escalas Likert para avaliação subjetiva de estresse.	Dados de EDA e voz se correlacionaram com as avaliações subjetivas de estresse, sendo estas últimas importantes para calibração dos sensores.
4.	Foram coletados dados de 136 sessões de sono dos participantes, que indicaram sua percepção de estresse todas as noites por meio da PSS.	Precisão de 73% em identificar níveis baixo, médio e alto de estresse, comparando com as respostas na PSS.
5.	Realizaram dois estudos: (1) em laboratório, com testes de estresse cognitivo e físico (colocar mão em água gelada); (2) em estudo ecológico, utilizando os sensores por sete dias.	Precisão de 89% nas situações em laboratório e de 72% no contexto ecológico.
6.	Participantes foram monitorados durante quatro meses, em duas casas de repouso para idosos.	Uso de sensores foi bem aceito e pode ajudar no manejo dos pacientes por parte dos funcionários.
7.	Motoristas tiveram registrados dados fisiológicos durante 145 horas de trabalho. Dados foram correlacionados com intensidade do tráfego, identificados pelo GPS.	75% das situações de estresse ocorreram em locais de baixa visibilidade, estradas estreitas e durante infrações de trânsito.
8.	Participantes monitorados durante 55 dias, coletando dados em seu contexto.	Precisão de 70% na detecção de estresse com dados fisiológicos. Ao adicionar informações de contexto a precisão subia a 95%.
9.	Participantes monitorados de forma contínua durante cinco dias consecutivos, com registro diário de informações sobre sintomas e comportamentos em saúde via <i>smartphone</i> . Usaram tarefa de indução de estresse (MIST) e escala sobre resposta emocional (SAM) para calibração.	Fortes associações entre sinais fisiológicos e informações contextuais. Associações entre níveis de ansiedade e depressão com as respostas fisiológicas de estresse.
10.	Coleta de dados durante períodos de nove dias, em situações como palestras, provas e durante o tempo livre.	Acurácia de 88,20% na detecção do nível de estresse em três condições (palestra, provas e tempo livre).
11.	Coleta durante rotina diária.	Acurácia de 81,82% nas configurações diárias.
12.	Os participantes foram monitorados durante sete dias antes, durante e um mês após o retiro de bem-estar.	Fortes associações entre os sinais fisiológicos (diminuição de FC e aumento de VFC) e o contexto de intervenção.
13.	Coleta durante atividade física e de aritmética <i>on-line</i> .	Precisão geral de 89% durante realização de atividades diversas.

Nota. Fonte\*: número atribuído ao estudo a Tabela 1; EDA: atividade eletrodermal; MIST: Montreal Imaging Stress Task; PSS: Perceived Stress Scale; SAM: Self-Assessment Manikin; FC: Frequência Cardíaca; VFC: Variabilidade da Frequência Cardíaca.

respostas fisiológicas do estresse daquelas provenientes de atividade física, alterações na postura, movimentos bruscos, clima quente (Hovsepian et al., 2015) ou de alterações causadas por emoções como felicidade ou euforia (Schmidt et al., 2018).

Embora já existam dispositivos sendo comercializados no mercado com a proposta de monitoramento da atividade física e do sono, por exemplo, a aplicação desse recurso com fidedignidade à avaliação psicofisiológica, e com aplicabilidade terapêutica, ainda é um grande desafio (Soh et al., 2015; Wang et al., 2017). Um dos desafios iniciais para sua aplicação era o custo desses sensores. Atualmente, sensores vestíveis consistem em dispositivos de baixo custo que fornecem sinais de boa qualidade (Attaran et al., 2018; Betti et al., 2017; Saha et al., 2018). Outro desafio técnico que se apresentou inicialmente era a utilização de uma plataforma para dar *feedback* ao paciente. No entanto, o amplo uso de dispositivos móveis pela população em geral apresentou a possibilidade de coletar, processar e

integrar esses sinais fisiológicos com aplicativos cada vez mais elaborados. Hoje, os dados fisiológicos fornecidos por sensores podem ser coletados *on-line* por dispositivos móveis, os quais podem suportar aplicativos para detectar estados específicos e gerar intervenções a serem seguidas pelos usuários (Jebelli et al., 2018; Schmidt et al., 2018). Contudo, em países em desenvolvimento, a menor literacia em saúde e o acesso mais difícil a *smartphones* e à internet minimamente adequada podem constituir importantes barreiras na escalabilidade e na equidade de intervenções utilizando dispositivos vestíveis para monitoramento contínuo do estresse (Goodday & Friend, 2019).

Além das dificuldades metodológicas para se alcançar o objetivo de avaliação contínua do estresse, o *design* e a usabilidade do dispositivo representam outro desafio. Frequentemente são utilizados relógios de pulso, por ser uma área pouco invasiva (Ollander et al., 2016). Porém, o local para a coleta de dados fisiológicos, nesse caso, nem sempre é o mais

apropriado ou o que fornece os melhores dados (Hovsepian et al., 2015). Além disso, devido ao movimento constante dos braços, a avaliação com dispositivos vestíveis de pulso produz muitos artefatos indesejáveis no registro fisiológico, o que dificulta a detecção fidedigna do estresse por meio dos sinais dos sensores. Uma boa alternativa poderiam ser os dispositivos vestíveis que são alocados na região do tórax, pois demonstram maior fidedignidade para coletar dados, embora tenham menor praticidade para o uso cotidiano (Gilgen-Ammann et al., 2019). A possibilidade de perda de dados pela transmissão sem fio ainda é um desafio e necessita de aperfeiçoamento por parte dos desenvolvedores (Hovsepian et al., 2015). Já estão sendo estudadas e desenvolvidas formas de lidar com os artefatos do movimento e identificação de padrões em ambiente ecológico (Zhou, 2020). Esses e outros obstáculos devem ser superados para que esses dispositivos sejam aceitos pela comunidade em geral e para que profissionais da saúde possam incorporá-los nos tratamentos de saúde (Soh et al., 2015; Wang et al., 2017).

Assim, além do desenvolvimento tecnológico dos dispositivos vestíveis para o monitoramento contínuo e detecção automática do estresse, é importante que esses dados possam ser utilizados não apenas para a avaliação, mas também em intervenções com populações clínicas, de forma a aprimorar tratamentos já existentes. Entende-se que existe um grande potencial do uso dessa tecnologia em contextos clínicos. Primeiro, é uma possibilidade de melhorar a avaliação psicológica, hoje realizada em grande parte por investigação clínica e questionários, que podem sofrer com vieses subjetivos e idiosincrasias. Nesse sentido, caso haja marcadores fisiológicos que possam ser detectados por sistemas dispositivos vestíveis, surge uma possibilidade de tornar a avaliação de transtornos mentais mais precisa e individualizada. Segundo, as intervenções utilizadas podem se beneficiar da resposta fisiológica obtida. Por exemplo, técnicas de exposição utilizadas no tratamento de transtornos de ansiedade, transtorno de estresse pós-traumático e transtorno obsessivo-compulsivo, podem contar com o *feedback* fisiológico para verificar se estão gerando a reação necessária e controlar a intensidade das exposições. Desse modo, associadas com técnicas de relaxamento e de regulação emocional, podem contar com *feedback* visual, obtendo maior clareza das reações fisiológicas e facilitando o alcance dos objetivos terapêuticos.

Ainda que as propostas conjugando a detecção contínua de estresse e intervenções psicoterapêuticas sejam recentes, autores têm discutido essa possibilidade. Smets et al. (2018) propõem a utilização dos dados de detecção automática de estresse em combinação com intervenções para controle de estresse. Já Reimer et al. (2017) consideram relevante o uso desses dispositivos para tratamento da fissura em pacientes com dependência química. Entretanto, até onde foi possível verificar, não foi encontrado nenhum estudo aplicando tais propostas e investigando o ciclo completo - desde a detecção

de estresse, passando pelo monitoramento contínuo, até propostas de intervenção -, sendo este um caminho para nossas pesquisas (Can et al., 2019). Além de aspectos tecnológicos, a psicologia e áreas correlatas podem contribuir para o desenvolvimento dos dispositivos vestíveis, já que podem fornecer suporte teórico e prático sobre estresse, psicopatologia e clínica, facilitando sua implementação com fins terapêuticos.

## CONCLUSÃO

Os sistemas dispositivos vestíveis para avaliação e intervenção em estresse e condições clínicas associadas apresentam os mesmos desafios que as demais pesquisas nessa área. Apesar de apresentarem uma oportunidade de avaliação e prevenção em saúde de forma personalizada, enfrentam dificuldades em relação a aspectos como escalabilidade, tipos de materiais a serem utilizados para o uso contínuo dos sensores, locais de coleta, flexibilidade, conforto e praticidade dos materiais, artefatos no registro fisiológico gerados pelos movimentos dos usuários (que podem interferir nos sinais obtidos e abalar a confiabilidade desses dados), além da segurança e privacidade das informações, que precisam ser preservadas e mantidas apenas para o usuário e para o profissional da saúde que o acompanha.

O crescente desenvolvimento tecnológico de sensores apresenta potencial para a área da saúde, em especial para a psicologia. Sua utilização para avaliação e tratamento em psicologia clínica, principalmente os estudos voltados para avaliação de estresse por meio de dispositivos vestíveis, pode ser uma possibilidade promissora em busca de medidas mais objetivas de avaliação e integração de aspectos físicos e psicológicos. Esses dispositivos também poderão ser um recurso importante para a intervenção em psicologia tanto do ponto de vista da prevenção em saúde mental como no tratamento clínico, de forma a complementar e enriquecer estratégias consolidadas na área. Ainda, abre-se o caminho para novas intervenções em busca de saúde e bem-estar que impactem a emoção e o comportamento das pessoas com eficácia. Esse parece um futuro provável da tecnologia em saúde e os primeiros passos já estão sendo dados por vários pesquisadores em diferentes países, sendo que a saúde mental e a psicologia não podem ficar alheias a tais mudanças.

## REFERÊNCIAS

- Adams, P., Rabbi, M., Rahman, T., Matthews, M., Volda, A., Gay, G., ... Volda, S. (2014, July 27). *Towards personal stress informatics: Comparing minimally invasive techniques for measuring daily stress in the wild* [article]. 8th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare (pp. 72-79). <https://doi.org/10.4108/icst.pervasivehealth.2014.254959>
- Andreassi, J. L. (2007). *Psychophysiology: Human behavior and physiological response* (5th ed.). Lawrence Erlbaum.

- Attaran, N., Puranik, A., Brooks, J., & Mohsenin, T. (2018). Embedded low-power processor for personalized stress detection. *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, 65(12), 2032-2036.
- Bear, M. F., Paradiso, M. A., & Connors, B. W. (2017). *Neurociências: Desvendando o sistema nervoso*. Artmed.
- Betti, S., Lova, R. M., Rovini, E., Acerbi, G., Santarelli, L., Cabiati, M., ... Cavallo, F. (2017). Evaluation of an integrated system of wearable physiological sensors for stress monitoring in working environments by using biological markers. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 65(8), 1748-1758. <https://doi.org/10.1109/TBME.2017.2764507>
- Blinowska, K., & Durka, P. (2006). Electroencephalography (EEG). In M. Akay (Ed.), *Wiley encyclopedia of biomedical engineering*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780471740360.ebs0418>
- Boonstra, R. (2013). The ecology of stress: A marriage of disciplines. *Functional Ecology*, 27(1), 7-10. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12048>
- Can, Y. S., Arnrich, B., & Ersoy, C. (2019). Stress detection in daily life scenarios using smart phones and wearable sensors: A survey. *Journal of Biomedical Informatics*, 92, 103-139. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2019.103139>
- Christmann, C. A., Hoffmann, A., & Bleser, G. (2017). Stress management apps with regard to emotion-focused coping and behavior change techniques: A content analysis. *JMIR MHealth and UHealth*, 5(2), 1-12. <https://doi.org/10.2196/mhealth.6471>
- Cohen, S., Janicki-Deverts, D., & Miller, G. E. (2007). Psychological stress and disease. *The Journal of the American Medical Association*, 298(14), 1685-1687. <https://doi.org/10.1001/jama.298.14.1685>
- De Witte, N. A. J., Buyck, I., & Van Daele, T. (2019). Combining biofeedback with stress management interventions: A systematic review of physiological and psychological effects. *Applied Psychophysiology Biofeedback*, 44(2), 71-82. <https://doi.org/10.1007/s10484-018-09427-7>
- Gee, B. L., Griffiths, K. M., & Gulliver, A. (2016). Effectiveness of mobile technologies delivering Ecological Momentary Interventions for stress and anxiety: A systematic review. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 23(1), 221-229. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocv043>
- Giannakakis, G., Grigoriadis, D., Giannakaki, K., Simantiraki, O., Roniotis, A., & Tsiknakis, M. (2019). Review on psychological stress detection using biosignals. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 1-22. <https://doi.org/10.1109/TAFFC.2019.2927337>
- Gilgen-Ammann, R., Schweizer, T., & Wyss, T. (2019). RR interval signal quality of a heart rate monitor and an ECG Holter at rest and during exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 119(7), 1525-1532. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04142-5>
- Gjoreski, M., Luštrek, M., Gams, M., & Gjoreski, H. (2017). Monitoring stress with a wrist device using context. *Journal of Biomedical Informatics*, 73, 159-170. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2017.08.006>
- Goessl, V. C., Curtiss, J. E., & Hofmann, S. G. (2017). The effect of heart rate variability biofeedback training on stress and anxiety: A meta-analysis. *Psychological Medicine*, 47(15), 2578-2586. <https://doi.org/10.1017/S0033291717001003>
- Goooday, S. M., & Friend, S. (2019). Unlocking stress and forecasting its consequences with digital technology. *NPJ Digital Medicine*, 2(1), 1-5. <https://doi.org/10.1038/s41746-019-0151-8>
- Han, H. J. (2019). *Objective stress monitoring based on wearable sensors in everyday settings* [doctoral thesis]. University of California. <https://escholarship.org/uc/item/16v1t1ft>
- Henriques, G., Keffer, S., Abrahamson, C., & Horst, S. J. (2011). Exploring the effectiveness of a computer-based heart rate variability biofeedback program in reducing anxiety in college students. *Applied Psychophysiology Biofeedback*, 36(2), 101-112. <https://doi.org/10.1007/s10484-011-9151-4>
- Hernandez, J., Morris, R. R., & Picard, R. W. (2011). Call center stress recognition with person-specific models. *ACII 2011: Affective Computing and Intelligent Interaction*, 1, 125-134. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-24600-5\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-642-24600-5_16)
- Hovsepian, K., Al'Absi, M., Ertin, E., Kamarck, T., Nakajima, M., & Kumar, S. (2015, September). *cStress: Towards a gold standard for continuous stress assessment in the mobile environment*. 15th ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (pp. 493-504).
- Hughes, B. M., Steffen, P. R., & Thayer, J. F. (2018). The psychophysiology of stress and adaptation: Models, pathways, and implications. *International Journal of Psychophysiology*, 131, 1-3. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2018.06.003>
- Jebelli, H., Khalili, M. M., & Lee, S. (2018). A continuously updated, computationally efficient stress recognition framework using electroencephalogram (EEG) by applying online multitask learning algorithms (OMTL). *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 23(5), 1928-1939. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2018.2870963>
- Kamišalić, A., Fister, I., Turkanović, M., & Karakatić, S. (2018). Sensors and functionalities of non-invasive wrist-wearable devices: A review. *Sensors (Switzerland)*, 18(6), e1714. <https://doi.org/10.3390/s18061714>
- Kauer-Sant'Anna, M., Brietzke, E., & Quevedo, J. (2011). Psiconeuroendocrinologia. In F. Kapczinski, J. Quevedo, & I. Izquierdo (Eds.), *bases biológicas dos transtornos mentais* (3. ed., pp. 55-76). Artmed.
- Kikhia, B., Stavropoulos, T. G., Meditskos, G., Kompatsiaris, I., Hallberg, J., Sävenstedt, S., & Melander, C. (2018). Utilizing ambient and wearable sensors to monitor sleep and stress for people with BPSD in nursing homes. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 9(2), 261-273. <https://doi.org/10.1007/s12652-015-0331-6>
- Kim, H. G., Cheon, E. J., Bai, D. S., Lee, Y. H., & Koo, B. H. (2018). Stress and heart rate variability: A meta-analysis and review of the literature. *Psychiatry Investigation*, 15(3), 235-245.
- Lagos, L., Vaschillo, E., Vaschillo, B., Lehrer, P., Bates, M., & Pandina, R. (2008). Heart rate variability biofeedback as a strategy for dealing with competitive anxiety. *A Case Study. Biofeedback*, 36(3), 109-115. <https://doi.org/10.5298/1081-5937-39.1.11>
- Lantyer, A. da S., Viana, M. de B., & Padovani, R. C. (2013). Biofeedback no tratamento de transtornos relacionados ao estresse e à ansiedade: Uma revisão crítica. *Psico-USF*, 18(1), 131-140. <https://doi.org/10.1590/s1413-82712013000100014>
- Lee, U., Han, K., Cho, H., Chung, K. M., Hong, H., Lee, S. J., & Carroll, J. M. (2019). Intelligent positive computing with mobile, wearable, and IoT devices: Literature review and research directions. *Ad Hoc Networks*, 83, 8-24. <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2018.08.021>
- Li, H., Wu, J., Gao, Y., & Shi, Y. (2016). Examining individuals' adoption of healthcare wearable devices: An empirical study from privacy calculus perspective. *International Journal of Medical Informatics*, 88, 8-17. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2015.12.010>
- Lui, J. H. L., Marcus, D. K., & Barry, C. T. (2017). Evidence-based apps? A review of mental health mobile applications in a psychotherapy context. *Professional Psychology: Research and Practice*, 48(3), 199-210. <https://doi.org/10.1037/pro0000122>



- Marcolino, M. S., Oliveira, J. A. Q., D'Agostino, M., Ribeiro, A. L., Alkmim, M. B. M., & Novillo-Ortiz, D. (2018). The Impact of mHealth Interventions: Systematic review of systematic reviews. *JMIR MHealth and UHealth*, 6(1), 1-11. <https://doi.org/10.2196/mhealth.8873>
- Miller, G. (2012). The smartphone psychology manifesto. *Perspectives on Psychological Science*, 7(3), 221-237. <https://doi.org/10.1177/1745691612441215>
- Miller, N. (1969). Psychosomatic effects of specific types of training. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 159(3), 1025-1040. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1969.tb12995.x>
- Muaremi, A., Bexheti, A., Gravenhorst, F., Arnrich, B., & Troster, G. (2014). Monitoring the impact of stress on the sleep patterns of pilgrims using wearable sensors. *International Conference on Biomedical and Health Informatics*, 185-188. <https://doi.org/10.1109/BHI.2014.6864335>
- Niemann, M., Prange, A., & Sonntag, D. (2018, June 18-21). *Towards a Multimodal Multisensory Cognitive Assessment Framework* [article]. 2018 IEEE 31st International Symposium on Computer-Based Medical Systems. doi: 10.1109/CBMS.2018.0001210.1109/CBMS.2018.00012
- Ollander, S., Godin, C., Campagne, A., & Charbonnier, S. (2016). *A comparison of wearable and stationary sensors for stress detection* [article]. 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (pp. 4362-4366). <https://doi.org/10.1109/SMC.2016.7844917>
- Otaran, P., Castro, E. K. de, & Remor, E. (2018). Estresse e distresse emocional. In E. K. de Castro, & E. Remor (Orgs.), *Bases teóricas da psicologia da saúde* (pp. 165-180). Appris.
- Piwek, L., Ellis, D. A., Andrews, S., & Joinson, A. (2016). The rise of consumer health dispositivos vestíveis: Promises and barriers. *PLoS Medicine*, 13(2), e1001953. <http://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001953>
- Posada-Quintero, H. F., & Chon, K. H. (2020). Innovations in electrodermal activity data collection and signal processing: A systematic review. *Sensors (Switzerland)*, 20(2), e479. <https://doi.org/10.3390/s20020479>
- Pratap, A., Steinhubl, S., Neto, E. C., Wegerich, S. W., Peterson, C. T., Weiss, L., ... Mills, P. J. (2020). Changes in continuous, long-term heart rate variability and individualized physiological responses to wellness and vacation interventions using a wearable sensor. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 7, e120. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2020.00120>
- Reimer, U., Laurenzi, E., Maier, E., & Ulmer, T. (2017). *Mobile stress recognition and relaxation support with smartcoping: User-adaptive interpretation of physiological stress parameters* [article]. 50th Hawaii International Conference on System Sciences. <https://doi.org/10.24251/hicss.2017.435>
- Rodrigues, J. G. P., Kaiseler, M., Aguiar, A., Cunha, J. P. S., & Barros, J. (2015). A mobile sensing approach to stress detection and memory activation for public bus drivers. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 16(6), 3294-3303. <https://doi.org/10.1109/TITS.2015.2445314>
- Rodrigues, S., Paiva, J. S., Dias, D., Aleixo, M., Filipe, R., & Cunha, J. P. S. (2018). A wearable system for the stress monitoring of air traffic controllers during an air traffic control refresher training and the trier social stress test: a comparative study. *The Open Bioinformatics Journal*, 11(1), 106-116. <https://doi.org/10.2174/1875036201811010106>
- Rosa, B. M. G., & Yang, G. Z. (2019). A flexible wearable device for measurement of cardiac, electrodermal and motion parameters in mental health-care applications. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 23(6), 2276-2285. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2019.2938311>
- Saha, S. S., Rahman, S., Rasna, M. J., Islam, A. M., & Ahad, M. A. R. (2018). *DU-MD: An open-source human action dataset for ubiquitous wearable sensors* [article]. 7th International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV) (pp. 567-572). <https://doi.org/10.1109/ICIEV.2018.8641051>
- Sano, A., & Picard, R. W. (2013). *Stress recognition using wearable sensors and mobile phones* [article]. 2013 Humaine association conference on affective computing and intelligent interaction (pp. 671-676). <https://doi.org/10.1109/acii.2013.117>
- Schmidt, P., Reiss, A., Dürichen, R., Marberger, C., & Van Laerhoven, K. (2018). *Introducing WESAD, a multimodal dataset for wearable stress and affect detection* [article]. 18th International Conference on Multimodal Interaction (pp. 16-20). <https://doi.org/10.1145/3242969.3242985>
- Schoenberg, P. L. A., & David, A. S. (2014). Biofeedback for psychiatric disorders: A systematic review. *Applied Psychophysiology Biofeedback*, 39(2), 109-135. <https://doi.org/10.1007/s10484-014-9246-9>
- Schüll, N. D. (2016). Data for life: Wearable technology and the design of self-care. *BioSocieties*, 11(3), 317-333.
- Seppälä, J., De Vita, I., Jämsä, T., Miettunen, J., Isohanni, M., Rubinstein, K., ... Bulgheroni, M. (2019). Mobile phone and wearable sensor-based mHealth approach for psychiatric disorders and symptoms: Systematic review and link to the M-RESist project. *Journal of Medical Internet Research*, 21(2), 1-14. <https://doi.org/10.2196/mental.9819>
- Servati, A., Zou, L., Wang, J., Ko, F., & Servati, P. (2017). Novel flexible wearable sensor materials and signal. *Sensors*, 17(7), e1622. <https://doi.org/10.3390/s17071622>
- Shaffer, F., & Neblett, R. (2010). Practical anatomy and physiology: The skeletal muscle system. *Biofeedback*, 38(2), 47-51. <https://doi.org/10.5298/1081-5937-38.2.47>
- Sharmin, M., Raij, A., Epstien, D., Nahum-Shani, I., Beck, J. G., Vhaduri, S., ... Kumar, S. (2015). Visualization of time-series sensor data to inform the design of just-in-time adaptive stress interventions. *Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, 344, 505-516. <https://doi.org/10.1126/science.1249098.Sleep>
- Smets, E., Rios Velazquez, E., Schiavone, G., Chakroun, I., D'Hondt, E., De Raedt, W., ... Van Hoof, C. (2018). Large-scale wearable data reveal digital phenotypes for daily-life stress detection. *NPI Digital Medicine*, 1(1). <https://doi.org/10.1038/s41746-018-0074-9>
- Soh, P. J., Vandenbosch, G. A. E., Mercuri, M., & Schreurs, D. M. M. P. (2015). Wearable wireless health monitoring: Current developments, challenges, and future trends. *IEEE Microwave Magazine*, 16(4), 55-70. <https://doi.org/10.1109/MMM.2015.2394021>
- Valenza, G., Citi, L., Saul, J. P., & Barbieri, R. (2018). Measures of sympathetic and parasympathetic autonomic outflow from heartbeat dynamics. *Journal of Applied Physiology*, 125(1), 19-39. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00842.2017>
- Wang, K., Varma, D. S., & Prospero, M. (2018). A systematic review of the effectiveness of mobile apps for monitoring and management of mental health symptoms or disorders. *Journal of Psychiatric Research*, 107, 73-78. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2018.10.006>
- Wang, X., Liu, Z., & Zhang, T. (2017). flexible sensing electronics for wearable/attachable health monitoring. *Small*, 13(25), e602790. <https://doi.org/10.1002/smll.201602790>
- Yu, B., Funk, M., Hu, J., Wang, Q., & Feijs, L. (2018). Biofeedback for everyday stress management: A Systematic review. *Frontiers in ICT*, 5(23), 1-22. <https://doi.org/10.3389/fict.2018.00023>
- Zhou, X. (2020). Wearable health monitoring system based on human motion state recognition. *Computer Communications*, 150, 62-71. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2019.11.008>