

## Dispositivos Open-Source em Redes de Sensores Sem Fio para Análise do Comportamento Coletivo na Aprendizagem Remota

Lucio V. Santos\*. Aleksander S. Paterno\*\*. Marcelo S. Hounsell\*\*\*. Yuri Andreas May Henrique\*\*\*\*.  
Larissa A. P. Schueda\*\*\*\*\*. Alex C. Santos\*\*\*\*\*

*Santa Catarina State University, Joinville, Brazil.*

\*[lucio.santos@edu.udesc.br](mailto:lucio.santos@edu.udesc.br).

\*\*[aleksander.paterno@udesc.br](mailto:aleksander.paterno@udesc.br).

\*\*\*[marcelo.hounsell@udesc.br](mailto:marcelo.hounsell@udesc.br).

\*\*\*\*[yuri.henrique@edu.udesc.br](mailto:yuri.henrique@edu.udesc.br).

\*\*\*\*\*[larissa.schueda@edu.udesc.br](mailto:larissa.schueda@edu.udesc.br).

\*\*\*\*\*[alex.santos@edu.udesc.br](mailto:alex.santos@edu.udesc.br).

---

**Abstract:** Research on groups of subjects has contributed to understanding the influence of collective behavior on learning. The detection of physiological parameters by biosensors can contribute to the evaluation of such behaviors, and self-report feedback is a possible tool to validate the detected parameters. However, situations of social distance such as those imposed by COVID-19 limit the evaluation of these groups. Seeking to reduce the impact of the pandemic on data collection, this paper proposes the construction and use of a network of devices that allow the analysis of individual subjects' behavior through multiple simultaneous collections in a group activity, but performed remotely. Four prototype wearable devices were built, for the collection of voluntary data (button for specific events) and involuntary data (continuous signals from biosensors), and connected to a Wireless Sensor Network (WSN). The devices were sent to geographically distant volunteers, who wore them during the same online meeting while presenting seminars. The sampling data were collected, transmitted and compiled in a dashboard, and initial findings indicate that the network is capable of providing signals with sufficient integrity for psycho-pedagogical support in research on collective learning behavior, with expert support, which is suggested as future work. The device presented, due to its open development characteristics, allows modifications for other applications beyond those presented in this text. The entire project is available for public access, so that anyone can assemble, adapt, and use it freely.

**Resumo:** Pesquisas em grupos de sujeitos têm contribuído para compreensão da influência do comportamento coletivo na aprendizagem. A detecção de parâmetros fisiológicos por biossensores pode contribuir para a avaliação de tais comportamentos, sendo o *feedback* por auto-relato uma possível ferramenta para validar os parâmetros detectados. No entanto, situações de distanciamento social como as impostas pela COVID-19 limitam a avaliação desses grupos. Buscando reduzir o impacto da pandemia sobre a coleta de dados, propõe-se neste artigo a construção e uso de uma rede de dispositivos que permitam a análise do comportamento individual dos sujeitos por meio de múltiplas coletas simultâneas em uma atividade em grupo, porém realizada remotamente. Foram construídos quatro protótipos de dispositivos vestíveis, para a coleta de dados voluntários (botão para eventos específicos) e de dados involuntários (sinais contínuos de biossensores), e conectados a uma Rede de Sensores Sem Fio (RSSF). Os dispositivos foram enviados para sujeitos geograficamente distantes, que os vestiram durante uma mesma reunião *online* enquanto apresentavam seminários. Os dados dos sujeitos foram coletados, transmitidos e compilados em um dashboard, e conclusões iniciais indicam que o sistema é capaz de prover informações suficientemente íntegras para o apoio psicopedagógico em pesquisas sobre o comportamento coletivo na aprendizagem, mediante apoio especializado, sendo sugerido como trabalho futuro. O dispositivo apresentado, por sua característica de desenvolvimento aberto, permite modificações para outras aplicações além das apresentadas neste texto. Todo o projeto está disponível para acesso público, de forma que qualquer pessoa possa montar, adaptar e utilizar livremente.

*Keywords:* WSN, biosensor, wearable, self-report, collective behavior.

*Palavras-chave:* RSSF, biossensor, vestíveis, auto-relato, comportamento coletivo.

---

## 1. INTRODUÇÃO

Estudos relacionados ao comportamento de grupos de sujeitos mostram que as interações entre as pessoas podem mudar seu comportamento e suas decisões de maneira diferente se elas estivessem sozinhas (Kok, Lim and Chan, 2016). O estresse e o pânico em um indivíduo podem se espelhar em outros, e assim se espalhar para a multidão (Xu *et al.*, 2017). Especialistas clínicos, em geral, aferem o estado emocional de sujeitos, como os transtornos da ansiedade relacionados ao estresse e pânico, por meio de avaliações psicológicas e por questionários. Contudo, estes métodos são passíveis de subjetividade ou efeitos de memória (Jin *et al.*, 2020). Soluções tecnológicas, como biossensores, podem coletar parâmetros fisiológicos relacionados a tais transtornos, e questionários de avaliação podem ser aplicados para validar os sintomas detectados. A aplicação destes questionários pode ser feita por especialistas em entrevistas ou relatados pelo próprio sujeito, de forma escrita ou eletrônica. O auto-relato permite, portanto, avaliar os estados mentais de sujeitos de forma mais detalhada, sendo indicado para capturar os processos psicológicos relacionados ao aprendizado humano, tais como as emoções dos estudantes, a motivação, o uso de estratégias e a metacognição (Pekrun, 2020).

No entanto, devido a situações de distanciamento social, como as impostas pela COVID-19, muitos estudantes passam a experimentar a aprendizagem remota, por tele-reuniões ou aulas *online*. Este cenário dificulta a coleta de dados fisiológicos e a avaliação dos sujeitos, impedindo um acompanhamento profissional adequado. A avaliação coletiva do estado mental dos sujeitos, antes complementada por questionários aplicados de forma presencial, requer agora outras ferramentas para auto-relato. Questionários em *smartphones*, por exemplo, podem ser respondidos pelos usuários de forma remota, ao mesmo tempo em que outras informações são coletadas pelo próprio dispositivo (Darvari *et al.*, 2020). Entretanto, todos os sujeitos participantes em um mesmo evento *online* precisam ter os dados coletados de forma sincronizada, para que possam ser comparados coletivamente (Perttula *et al.*, 2010), mas agora de forma não presencial. Dispositivos vestíveis (*wearables*), tais como os vestíveis no pulso (*wristbands*), conectados em Redes de Sensores Sem Fio (RSSF) podem proporcionar a portabilidade necessária ao monitoramento remoto de biosinais, permitindo a mobilidade do sujeito monitorado até mesmo fora de ambientes controlados como laboratórios e clínicas, mas devem ser observados desafios como energia limitada ou artefatos de movimento (Yeotkar, 2019). Portanto, observa-se a possibilidade do uso de soluções tecnológicas para reduzir o impacto do distanciamento social na coleta de dados em investigações sobre o comportamento coletivo na aprendizagem.

Neste sentido, realizou-se uma pesquisa quantitativa, a partir de um mapeamento sistemático de literatura (MSL). Foram pesquisados artigos publicados a partir de 2014, em revistas da IEEE, PlosOne e Scopus. Estes mecanismos de busca científica foram escolhidos por concentrarem a maior

quantidade de resultados relacionados a tecnologias para o enfrentamento da ansiedade em estudantes. No total, foram obtidos 520 artigos pela chave de busca “(Teaching OR Learning) AND (wristband OR wearable) AND anxiety”, dos quais 124 foram pré-selecionados para leitura crítica, a partir de critérios de inclusão (usar processamento digital de sinais ou *Machine Learning*, envolver detecção de sinais fisiológicos, usar *wearables*) e exclusão (publicados há mais de 10 anos, publicações de conferências, não ser da área de Engenharia), resultando em 25 artigos para extração de dados (Tabela 1).

Usa biossensores	sim	21	84,0%
	não	4	16,0%
Detecta emoções	somente ansiedade	11	44,0%
	outras exceto ansiedade	8	32,0%
	Ansiedade com outras	6	24,0%
Forma de coleta	local	16	64,0%
	remota	9	36,0%
Tipo de ambiente	controlado e não controlado	14	56,0%
	somente não controlado	11	44,0%
Qtde. sujeitos/vez	mais de um	13	52,0%
	somente um	12	48,0%
Usa questionários	não usa questionário	8	32,0%
	sim, somente para triagem	5	20,0%
	sim, para validar dados	12	48,0%

Tabela 1. Dados coletados do MSL.

O MSL foi realizado com suporte do software StArt<sup>1</sup>, e os dados da pesquisa estão disponíveis na nuvem<sup>2</sup>, sob autorização do primeiro autor. Com base nos resultados (Tabela 1), observa-se em comum nesses estudos a utilização de dados fisiológicos coletados por biossensores, combinados com dados sobre estado mental dos sujeitos, coletados por especialistas ou por auto-relato. Na maioria dos trabalhos investigados, os biossensores são incorporados em dispositivos vestíveis, uma vez que os experimentos podem ser realizados de forma remota a um sistema de processamento dos dados, em ambientes onde o pesquisador não tem controle sobre eventos que possam ocorrer. Além disso, parte das pesquisas monitoram mais de um sujeito ao mesmo tempo, permitindo assim o agrupamento ou análise simultânea dos dados coletados. O estado mental dos sujeitos é avaliado a partir de dados de questionários, aplicados clinicamente ou relatados pelo próprio sujeito. Alguns artigos utilizaram questionários somente para triagem de sujeitos participantes antes de iniciar a coleta de dados, usando essa informação para decidir se os dados coletados serão válidos para análise ou não. Outros tipos de questionários foram aplicados antes e depois da coleta de dados, para avaliar a efetividade dos experimentos. Nesses casos, geralmente são

<sup>1</sup> [http://lapes.dc.ufscar.br/tools/start\\_tool](http://lapes.dc.ufscar.br/tools/start_tool)

<sup>2</sup> [https://docs.google.com/spreadsheets/d/1ayCj\\_CiebJ8z50bKL7MLoz\\_laq7WJmO86CkBX7QWKaM/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1ayCj_CiebJ8z50bKL7MLoz_laq7WJmO86CkBX7QWKaM/edit?usp=sharing)

os mesmos questionários aplicados por especialistas clínicos, como os que classificam o nível de ansiedade dos participantes.

### 1.1 Trabalhos relacionados

As tecnologias usadas para detecção automática de emoções como a ansiedade podem utilizar processamento digital de sinais ou algoritmos de *machine learning*. A validação e calibração do sistema de reconhecimento automático de emoções é feita através da comparação entre os, anteriormente citados, questionários de auto-relato e os resultados da detecção automática. Uma vez validado, o sistema pode ser usado para determinar as emoções automaticamente em pacientes impossibilitados de responder a questionários, como em casos de pessoas com autismo (Kushki et al., 2015), demência (Hernandez et al., 2019) ou que estejam debilitados, com dor ou com ansiedade aguda (Fukuda et al., 2014). Outra aplicabilidade do questionário é seu uso na triagem dos participantes, com o objetivo de prevenir que condições físicas ou mentais causem alterações nos resultados. É o que ocorre, por exemplo, em experimentos que monitoram sinais de eletroencefalografia (EEG), os quais utilizam o questionário para excluir os participantes que auto-relataram o consumo de álcool, cafeína ou drogas, uma vez que essas substâncias afetam a atividade cerebral (Babini, Kulish and Namazi, 2020). Dados demográficos como idade, gênero, etnia, IMC, formação acadêmica, local de moradia, entre outros, também podem ser importantes na composição dos dados coletados em uma pesquisa, a exemplo de um sistema de previsão de ansiedade e depressão em pacientes idosos (Sau and Bhakta, 2017). Considerando as diferentes aplicações de questionários apresentadas, nota-se que os sujeitos podem responder aos questionários antes ou depois de um evento, enquanto seus sinais fisiológicos são coletados continuamente pelos biossensores.

### 1.2 Dispositivos e plataformas de desenvolvimento

Atualmente existem dispositivos vestíveis, prontos e disponíveis comercialmente para o monitoramento remoto de sinais fisiológicos. Algumas plataformas oferecem soluções de código aberto (*open-source*), como a Mikroelektronika Hexiwear™, e outras são apenas customizáveis, mas não *open-source*, como a Empatica E4 wristband™. As plataformas com bluetooth, em geral, precisam de dispositivos como *smartphones* para se conectarem à rede. No entanto, algumas pesquisas têm utilizado dispositivos com conexão direta ao Wi-Fi (Thaker, 2016), (Hadi et al. 2019), (Yeotkar, 2019), simplificando a configuração e operação, bem como uma quantidade menor de recursos.

Com base em uma pesquisa feita por Majumder, Mondal e Deen (2017), foi realizada uma busca direta na Internet com a sintaxe “*open source custom wearable watch*”, para se obter um panorama de características e custos dos recursos mais recentes no mercado. Como resultado, observou-se que, além dos dispositivos de grandes fabricantes, como Apple™ e Empatica™, existem as denominadas plataformas de

desenvolvimento, desenvolvidas por empresas de menor porte, por emergentes (*startups*), ou por desenvolvedores independentes. Na Tabela 2 apresentam-se os principais resultados desta busca, pela qual se destacam os dispositivos que são customizáveis (ctm) e os que são open-source (osc).

Fabricante	Modelo	Custo (USD)	características	sensores
Empatica	E4 wristband	1.690,00	ctm, bt, rtc, hap	oxi, hr, eda, stp, acc
Apple	Watch Series 3	500,65	ctm, bt, dsp, rtc, hap	oxi, hr, alx, acc, gyr, gps
Fitbit	Charge 5	149,95	ctm, bt, dsp	oxi, hr, eda, acc
mikroElektronika	Hexiwear	138,00	osc, bt, prg, dsp, hap	oxi, hr, atp, ahm, acc, gyr
DStike	Deauther Watch v3	76,01	osc, wfi, usb, dsp, rtc	-
TTGO	T-Watch	51,52	osc, bt, wfi, usb, dsp, rtc, hap	oxi, hr, acc, gyr
Open-Smart Watch	Open-SmartWatch	39,93	osc, bt, wfi, usb, dsp, rtc, chg	acc
Pine64	PineTime	34,99	osc, bt, dsp, hap, chg	hr, acc

Tabela 2. Resultado parcial da pesquisa sobre dispositivos e plataformas vestíveis comerciais.

Em geral, os customizáveis são desenvolvidos pelas grandes marcas, que os vendem como parte de soluções incluindo meios de transmissão, processamento e monitoramento para os clientes, além de serem autorizadas para uso clínico, o que pode justificar o custo mais alto. Por outro lado, o cliente não tem acesso aos códigos fonte. Já as plataformas de desenvolvimento, que são *open-source*, apresentam-se em várias configurações e custos. Os customizáveis não disponibilizam porta de comunicação física ao usuário final, geralmente usam bluetooth (bt) apenas para informações já processadas, como gráficos e resumos dos dados coletados. Os *open-source*, por sua vez, permitem comunicação por bluetooth ou wi-fi (wfi), e algumas ainda possuem porta USB (usb) para carregar os programas ou para comunicação de dados, com exceção do Hexiwear™, que necessita de uma placa adicional para programação (prg). Recursos como display gráfico (dsp), relógio em tempo real (rtc), cartão de memória (crd), carregador embutido (chg) e feedback háptico (hap) são diferenciais destacados pelos fabricantes, porém sem relação direta com o custo final do produto. Quanto aos sensores, não há uma regra ou tendência, uma vez que pode variar muito dependendo da aplicação. Como dispositivos vestíveis são associados geralmente ao monitoramento da saúde, sensores como oxímetro (oxi), batimento cardíaco (hr), condutividade da pele (eda), temperatura da pele (stp), acelerômetro (acc) e giroscópio (gyr) são mais usados. Alguns dão ênfase ao sensoriamento de ambiente e localização, como temperatura (atp) e umidade (ahm), altímetro ou pressão atmosférica (alt), som ambiente (mic) e local (gps).

O desenvolvimento de um novo dispositivo (ao invés de se comprar um pronto) foi preferido, levando-se em conta: i) a

simplicidade de se construir um dispositivo com *kits* de avaliação, requerendo um mínimo esforço para a montagem, de tamanho suficiente pequeno, e permitindo a adaptação do projeto conforme a necessidade e o avanço da pesquisa; ii) a possibilidade do próprio dispositivo ser “construído à distância”, por qualquer pessoa ou comunidade interessada, a partir de componentes comerciais, utilizando instruções de montagem disponíveis *online*. Estas características, juntamente com os custos de fabricação e operação mais baixos, o torna diferente dos dispositivos comerciais disponíveis. Como resultado, foi desenvolvido o Elvee Pulse, apresentado na Tabela 3.

Fabricante	Modelo	Custo (USD)	características	sensores
Elvee	Pulse	75,98	osc, wfi, usb, dsp, rtc, crd, hap, chg	oxi, hr

Tabela 3. Plataforma Elvee Pulse desenvolvida para o estudo.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O objetivo do experimento foi verificar a viabilidade do dispositivo desenvolvido para a coleta de dados voluntários e involuntários de sujeitos fisicamente separados, porém reunidos em um mesmo evento *online*. Quatro protótipos de dispositivos vestíveis foram construídos, programados e testados individualmente. Depois foram distribuídos a sujeitos distantes fisicamente. Para interligar os dispositivos de forma sincronizada durante um mesmo evento, foi concebida uma estrutura baseada em RSSF (Fig. 1).

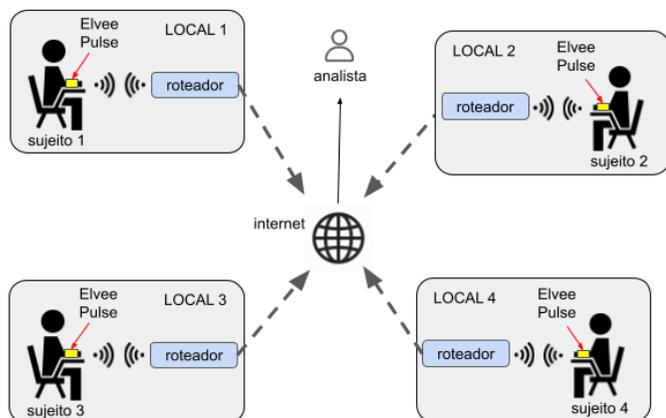


Fig. 1 Rede de sensores para o monitoramento de sujeitos reunidos remotamente.

Todos os sujeitos receberam treinamento para operar o dispositivo e conectá-lo à sua rede local, bem como orientações sobre o que é ansiedade e como detectá-la, a fim de poder apertar o botão com maior assertividade. O *design* do *hardware* e *software* foi desenvolvido com referência na literatura estudada.

### 2.1 Construção do Hardware

Os protótipos (Fig. 2) foram montados a partir de *kits* de avaliação disponíveis comercialmente, com exceção da placa principal, que interliga os kits de avaliação, da pulseira com tampa em acetato e a base impressa em 3D.

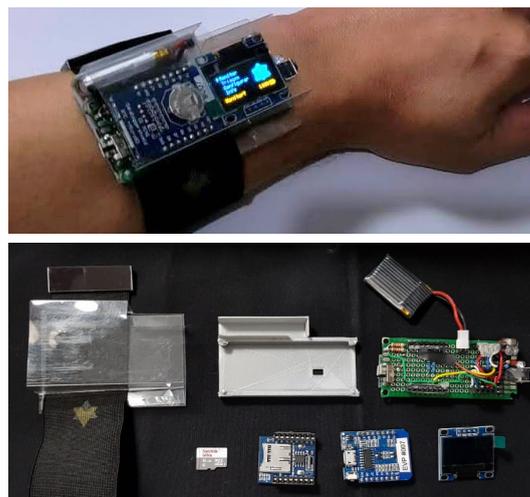


Fig. 2 Dispositivo vestido no antebraço (foto superior) e desmontado (foto inferior).

### 2.2 Programação do software

O dispositivo foi desenvolvido com *software open-source* na linguagem C/C++, utilizando-se o ambiente de programação Arduino IDE. O código foi implementado com base em bibliotecas disponíveis publicamente, como, por exemplo, as que apresentam algoritmos para detecção do batimento cardíaco, escritas pelo fabricante Maxim para uso com os seus sensores<sup>3</sup>. Basicamente, cada dispositivo coleta continuamente o batimento cardíaco do usuário, pelo método de fotopletismografia (PPG). O sinal é coletado a uma taxa de 100 Hz, ao mesmo tempo em que registra os pressionamentos voluntários do botão pelo usuário, por meio de interrupções em uma porta GPIO do microcontrolador. Os dados coletados são registrados localmente, em cartão de memória. Cada dispositivo da rede é sincronizado com base em um algoritmo que ajusta o *clock* interno do dispositivo com um valor de *offset*, calculado a partir do horário mundial em um Network Time Protocol (NTP). Estando todos os dispositivos ajustados a partir do mesmo NTP, o sincronismo é então garantido coletivamente. O programa inicia pelo carregamento das bibliotecas e conexão ao Wi-Fi. Depois, entra no menu principal em *loop* infinito, a partir do qual acessa os demais submenus, por escolha do item do menu por um clique curto no botão (“*click*”) e seleção da opção por um clique longo (“*cliick*”). Os submenus sempre terminam retornando ao menu principal, sendo necessário desligar o dispositivo para interromper o *loop*. A função de monitoramento, no primeiro primeiro submenu, executa a leitura do sensor e do botão de pressão. O questionário de triagem é acessado por outro submenu. Outras configurações de personalização e informações do dispositivo são acessíveis pelos demais submenus.

<sup>3</sup> [https://github.com/sparkfun/SparkFun\\_MAX3010x\\_Sensor\\_Library](https://github.com/sparkfun/SparkFun_MAX3010x_Sensor_Library)

### 2.3 Design do experimento

Um experimento foi planejado para realizar a conexão à Internet, a sincronização com outros dispositivos, a triagem pelo questionário antes do experimento, a leitura do sensor e do botão de pressão, e a gravação dos dados coletados em um cartão de memória. Os sujeitos foram orientados a pressionar o botão em todos os momentos que se sentissem ansiosos, e o evento do experimento foi registrado em vídeo sob autorização dos participantes. Neste sentido, um protocolo foi estabelecido para monitorar os sinais fisiológicos de três participantes durante um evento, dividido em duas etapas: uma *online* de 40 minutos, e outra *offline* de 10 minutos. Antes do início da etapa *online*, os sujeitos responderam a um questionário de triagem, com as respostas registradas pelo próprio dispositivo. Durante a etapa *online*, o primeiro autor deu início à gravação do evento em vídeo. Cada participante fez uma apresentação de seu trabalho, previamente preparada, em uma sessão de 10 minutos cada. Durante a sua própria apresentação, o voluntário não pressionou o botão, mas pressionou durante as apresentações dos outros voluntários. Ao término das apresentações, o primeiro autor finalizou a gravação do evento e encaminhou o arquivo de vídeo a cada sujeito. Na etapa *offline*, ainda com o dispositivo monitorando seus bio-sinais, cada sujeito revisou a sua própria apresentação, e pressionou o botão nos momentos em que sentiu ansiedade. Dessa forma, procurou-se compensar a falta dos registros do botão do voluntário durante a apresentação do seu próprio seminário, ainda que não se lembrasse exatamente de todos os momentos em que sentiu ansiedade (efeito de memória). Entre as duas etapas, houve uma sessão de 10 minutos para perguntas e respostas, com a participação de todos os envolvidos. Durante esta sessão, os dados dos sensores continuaram a ser coletados ininterruptamente. Terminadas as coletas de dados, cada voluntário copiou os dados do cartão de memória para um computador, e enviou os arquivos de registro para o primeiro autor deste trabalho.

### 2.4 Coleta de dados

Os dados recebidos dos sujeitos foram gravados em um computador para tabulação, análise e posterior apresentação dos resultados (Tabela 4).

User	Date	Time	Timestamp	Sens	PB
#005	29/01/2021	17:02:59.4	61379400	126522	0
#005	29/01/2021	17:02:59.6	61379600	126464	0
#005	29/01/2021	17:02:59.8	61379800	126483	0
#005	29/01/2021	17:03:00.0	61380000	126438	0
#005	29/01/2021	17:03:00.2	61380200	126569	0
#005	29/01/2021	17:03:00.4	61380400	126552	0
#005	29/01/2021	17:03:00.6	61380600	126478	0

Tabela 4. Amostra dos dados agrupados do sensor e botão.

As colunas na Tabela 6 referem-se ao código de identificação do usuário (User), data e hora, *timestamp* (em segundos), a

leitura do sensor (Sens) e do botão de pressão (PB). Com exceção do arquivo do vídeo gravado, que será mantido em sigilo para preservar a identidade dos participantes, os demais dados são associados a um número de série do dispositivo, e foram agrupados em uma planilha com acesso sob autorização do primeiro autor.

### 3. RESULTADOS

Os participantes estavam distantes fisicamente um do outro (isolados em suas casas devido à pandemia), sendo cada dispositivo conectado diretamente à rede Wi-Fi local.



Fig. 3 Fotos dos protótipos usados pelos participantes durante o experimento.

Os resultados foram utilizados para montar um *dashboard* (Fig. 4). Por ele é possível comparar os dados entre participantes, além de permitir a visualização dos dados dos questionários para cada sujeito.

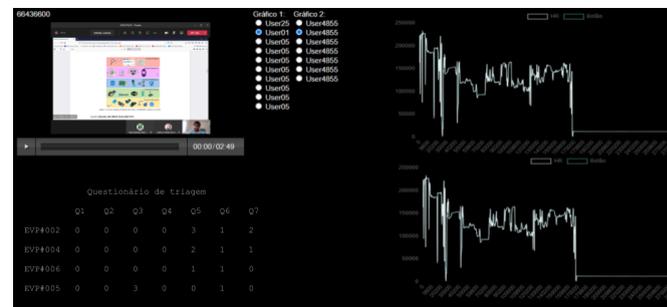


Fig. 4 Apresentação das informações no Dashboard.

Um guia de montagem foi produzido e disponibilizado de forma *online*<sup>4</sup>, bem como o software desenvolvido para o experimento e os arquivos para montagem da tampa e para impressão da base em 3D. As respostas do questionário de triagem foram armazenadas com os dados coletados dos sensores e do botão. Dessa forma, as informações ficam associadas ao mesmo número de série do dispositivo, que é a identificação única do sujeito.

### 4. DISCUSSÕES

O questionário utilizado para a triagem dos voluntários foi aplicado antes do experimento, e os resultados foram agrupados manualmente. O intuito principal foi verificar a

<sup>4</sup> Disponível em <https://drive.google.com/drive/folders/1MRelQYa3JvmJHUOZr6tauAU5EtzEJ84R?usp=sharing>, sob autorização de acesso pelo primeiro pesquisador.

viabilidade de execução do questionário pelo dispositivo, bem como o registro das respostas. No entanto, entende-se que estas informações são úteis na prevenção de resultados que alterem drasticamente a padronização da amostragem, potencialmente inferindo resultados inconclusivos, porém a sua implementação também não é garantia qualitativa para a amostragem, servindo o propósito apenas como filtragem prévia. Este tipo de questionário também pode divergir a atenção do usuário, logo sua implementação momentos antes da aquisição dos sinais se mostra mais eficaz. Por outro lado, pode ser muito útil em caso de questionários com perguntas longas e múltiplas alternativas de respostas. O experimento é caracterizado por ser realizado em um formato de curta duração, com apresentações já praticadas, requisitando *input* do usuário apenas em situações ansiogênicas relacionadas ao trabalho de terceiros. Resultados mais objetivos podem ser atingidos através da adaptação do ambiente para uma sala de aula real, com maior duração e interações mais naturais entre professor e turma. O despreparo atrelado a situações de aprendizado pode levar a maior fidelidade nos dados coletados em relação a ansiedade sofrida pelo estudante durante a aula, o que também é capturado pelo dispositivo mesmo que o usuário não pressione o botão, ou sintam-se intimidado a fazê-lo ainda que seja de forma anônima.

## 5. CONCLUSÕES

A disseminação das plataformas de desenvolvimento e do uso de sensores para os mais variados fins para engenharia fora da indústria permite maior acesso a dispositivos e sensores mais sofisticados. Os produtos deste artigo, tanto *hardware* quanto *software*, são exemplos de equipamentos para monitoramento com fim específico possibilitados por essa disseminação tecnológica. O dispositivo apresentado, por ter caráter aberto de desenvolvimento, permite a quem o esteja montando realizar modificações para que possa suprir outros fins que não os estudados neste texto, apresentando assim abertura para novas construções através de sensores já disponíveis ou que venham a ser lançados e possam melhorar o sensoriamento da forma disposta. Enfatiza-se que a amostragem proveniente do experimento é capaz de disponibilizar sinais suficientemente íntegros para apoio psicopedagógico, mediante acompanhamento profissional especializado, o que pode ser sugerido como trabalho futuro.

## REFERÊNCIAS

- Babini, M. H., Kulish, V. V. and Namazi, H. (2020) 'Physiological state and learning ability of students in normal and virtual reality conditions: Complexity-based analysis', *Journal of Medical Internet Research*, 22(6), pp. 1–9. doi: 10.2196/17945.
- Darvariu, V. A. *et al.* (2020) 'Quantifying the relationships between everyday objects and emotional states through deep learning based image analysis using smartphones', *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, 4(1), pp. 1–21. doi: 10.1145/3380997.
- Fukuda, Y. *et al.* (2014) 'A Bayesian Algorithm for Anxiety Index prediction Based on Cerebral blood Oxygenation in the Prefrontal Cortex Measured by near infrared spectroscopy', *IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine*, 2, pp. 1–10.
- Hadi, M. S. *et al.* (2019) 'IOT Cloud Data Logger for Heart Rate Monitoring Device', in *2nd International Conference on Vocational Education and Training*, pp. 207–214. doi: 10.2991/icovet-18.2019.52.
- Hernandez, N. *et al.* (2019) 'Prototypical system to detect anxiety manifestations by acoustic patterns in patients with dementia', *EAI Endorsed Transactions on Pervasive Health and Technology*, 5(19), pp. 1–12. doi: 10.4108/eai.10-2-2020.163097.
- Jin, J. *et al.* (2020) 'Attention-Block Deep Learning Based Features Fusion in Wearable Social Sensor for Mental Wellbeing Evaluations', *IEEE Access*, 8, pp. 89258–89268. doi: 10.1109/ACCESS.2020.2994124.
- Kok, V. J., Lim, M. K. and Chan, C. S. (2016) 'Crowd behavior analysis: A review where physics meets biology', *Neurocomputing*. Elsevier B.V., 177, pp. 342–362. doi: 10.1016/j.neucom.2015.11.021.
- Kushki, A. *et al.* (2015) 'A Kalman filtering framework for physiological detection of anxiety-related arousal in children with autism spectrum disorder', *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 62(3), pp. 990–1000.
- Pekruna, R. (2020) 'Commentary: Self-report is indispensable to assess students' learning', *Frontline Learning Research*, 8(3), pp. 185–193. doi: 10.14786/flr.v8i3.637.
- Perttula, A. *et al.* (2010) 'Users as sensors: creating shared experiences in co-creational spaces by collective heart rate', *Proceedings of the 14th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, pp. 41–48.
- Sau, A. and Bhakta, I. (2017) 'Predicting anxiety and depression in elderly patients using machine learning technology', *Healthcare Technology Letters*, 4(6), pp. 238–243.
- Thaker, T. (2016) 'ESP8266 based implementation of wireless sensor network with Linux based web-server', in *Symposium on Colossal Data Analysis and Networking*. IEEE, pp. 1–5. doi: 10.1109/CDAN.2016.7570919.
- Xu, M. *et al.* (2017) 'Emotion-Based Crowd Simulation Model Based on Physical Strength Consumption for Emergency Scenarios', *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, X(X), pp. 1–16.
- Yeotkar, H. S. (2019) 'Iot Based Human Body Parameters Monitoring By Using', *International Research Journal of Engineering and Technology*, 6(7), pp. 2458–2466.