

Estudo Prospectivo sobre Biossensores de aplicação Militar.

Foresight Study on Biosensors with Military Applications.

RESUMO

O monitoramento portátil dos parâmetros fisiológicos pode informar as condições da saúde e do desempenho físico do indivíduo em tempo real. Esse é feito por meio de biossensores eletroquímicos que são acoplados em um sistema de aquisição portátil posicionado no corpo humano. Atualmente, esse sistema geralmente não satisfaz os requerimentos para o uso militar devido a pouca proteção dos dados e dificuldade em integrar este sistema na rede de comunicação militar. Contudo, os avanços no setor de tecnologia, principalmente, na engenharia biomédica, direcionam esforços para tornar esse monitoramento em tempo real, por meio de biossensores, possível seguro e aplicável no meio militar. Este artigo é focado em uma revisão integrativa e na análise de prospecção tecnológica visando compreender o progresso no desenvolvimento desse sistema para a aplicação militar. As análises apontaram um aumento tanto nas publicações quanto nos depósitos de patentes a partir do século XX, sendo que os Estados Unidos da América detêm o maior número de depósitos de patentes e de publicações. Contudo, com os avanços tecnológicos na capacidade de mensurar os comportamentos fisiológicos dos soldados durante demandas ocupacionais militares, um crescente campo de estudo e de inovação está associado aos sensores neurofisiológicos, integrando os ciclos de inovações, experimentos laboratoriais, testes em campo e aplicabilidade deste sistema.

Palavras-chave: Biossensores. Sensores Fisiológicos. Desempenho. Militares.

ABSTRACT

Portable monitoring of physiological parameters can populate predictions about the health and physical performance of the individual in real-time. This is done through electrochemical biosensors that are coupled in a portable acquisition system positioned in the human body. Currently, this system does not generally meet the requirements for military use due to poor data protection and difficulty in integrating this system into the military communication network. However, advances in the technology sector, mainly in biomedical engineering, direct efforts to make this monitoring possible in real time, through biosensors, safe and applicable in the military environment. This article focuses on an integrative review and analysis of technological prospecting aiming to understand the progress in the development of this system for military application. The analyses indicated an increase in both publications and patent filings from the 20th century onwards. The United States of America holds the largest number of filings and publications. However, with technological advances in the ability to measure soldiers' physiological behaviors during military occupational demands, a growing field of study and innovation is associated with neurophysiological sensors, integrating cycles of innovations, laboratory experiments, field tests, and applicability of this system.

Keywords: Biosensors. Physiological sensor. Performance. Military.

Runer Augusto Marson

Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército (IPCFEx), Rio de Janeiro, Brasil.
profdr2.divpesq@ipcfex.eb.mil.br

ORCID:

<https://orcid.org/0000-0002-5248-7717>

Ricardo Wagner Amorim Guimarães

Agência e Gestão e Inovação Tecnológica (AGITEC), Rio de Janeiro, Brasil.
ricardowagner.guimaraes@ime.eb.br

ORCID:

<https://orcid.org/0000-0002-3050-4950>

Recebido em: 26 JAN 2021

Aprovado em: 21 JUN 2021

Revista Agulhas Negras

ISSN on-line 2595-1084

<http://www.ebrevistas.eb.mil.br/aman>



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



Introdução

Pesquisas em Prospecção Tecnológica, por meio de análise qualitativa e/ou quantitativa, são ferramentas essenciais para nortear os esforços durante o desenvolvimento de tecnologias. Estes estudos promovem o aumento das habilidades antecipatórias e organizacionais dos sistemas de inovação, afirmando-se como fator essencial para tomada de decisão em diversos níveis na sociedade moderna (MILES, 2010; PARANHOS; RIBEIRO, 2018), tanto no âmbito empresarial quanto no acadêmico.

O estado da arte, no âmbito técnico-científico, analisada de forma prospectiva promove uma melhor compreensão do que está sendo investigado. Esse entendimento auxilia na elaboração de estudos científicos, bem como complemento à prospecção tecnológica (MILES, 2010).

A análise prospectiva é integrada às necessidades de tomada de decisões em qualquer área de conhecimento. Em uma visão prospectiva os sensores fisiológicos terão aplicações militares úteis se forem implantados de forma a fornecer informações acionáveis remotamente durante atividade operacional (FRIEDL, 2018).

O monitoramento biológico por meio de biossensores pode fornecer previsões em tempo real sobre o estado da saúde e do desempenho de um indivíduo a partir do seu padrão fisiológico (BÖHM *et al.*, 2019; BRICKWOOD *et al.*, 2019; DORN *et al.*, 2019; LEE *et al.*, 2019). Biossensores são dispositivos compostos por um receptor que reconhece o composto eletroquímico de interesse (por exemplo, atividade mioelétrica, glicose, colesterol, etc.) e, um transdutor que converte o evento eletroquímico detectado em um sinal mensurável (EVTUGYN, 2014).

Essa abordagem oferece melhorias em relação às previsões, baseadas na população, que são derivadas das condições ambientais e do contexto geral de uma atividade/missão, por exemplo.

Os avanços na ciência da computação e na microeletrônica possibilitam a melhor avaliação do desempenho humano, com recursos de medição fisiológica em tempo real e processamento desses dados que fornecem informações instantâneas e importantes sobre a influência da atividade no comportamento fisiológico do indivíduo (BRICKWOOD *et al.*, 2019; KING *et al.*, 2017; LEE *et al.*, 2019; MOHINO-HERRANZ *et al.*, 2015).

A aquisição e o armazenamento acontecem diretamente no biossensor. A transmissão ocorre por meio de um módulo sem fio de curta distância (Wireless Personal Area Network (PAN)) que faz interface com um sistema de rádio frequência de longa distância (NetworkedLong-HaulRadios) que envia esse sinal até uma central de processamento que codifica este sinal e apresenta as medições fisiológicas (SAWKA; FRIEDL, 2018; BULLER; WELLES; FRIEDL, 2018) em tempo real do combatente (LAI; FRIEDL, 2009; RYAN *et al.*, 2011; STACEY; HILL; WOODS, 2018). Assim, a aquisição, armazenamento e transmissão (média e longa distância) da informação dos sinais fisiológicos obtidos pelos biossensores se tornam primordial para a saúde, para a operacionalidade e



para as ações decisórias que envolvam a integridade física do soldado (HOYT *et al.*, 2002; LIM *et al.*, 2010; REIFMAN *et al.*, 2002; STACEY; HILL; WOODS, 2018).

Portanto, o objetivo deste estudo foi compreender o Estado da Arte, o desenvolvimento dessa tecnologia e sua possível prospecção no monitoramento do estado de saúde e do desempenho físico nas demandas militares operacionais da Força Terrestre por meio de rádio transmissão dos sinais biológicos obtidos por biossensores.

2 Procedimentos Metodológicos

Este estudo apresenta um levantamento bibliográfico com característica de revisão integrativa (SOARES *et al.*, 2013), cuja finalidade é reunir e sintetizar publicações constantes em base de dados técnico-científicas de maneira sistemática, ordenada e com rigor metodológico (SOUZA; SILVA; CARVALHO, 2010) relacionadas à Produção Acadêmica e à Prospecção Tecnológica, contribuindo assim para a compreensão completa do tema.

2.1 Produção Acadêmica

Para a busca de produções acadêmicas sobre a utilização de biossensores em atividades militares, realizou-se um levantamento bibliográfico, por meio das bases de dados *ScienceDirect*, *PubMed* e LENS.

2.2 Prospecção Tecnológica

Para a prospecção tecnológica, foi realizado o levantamento dos processos de pedidos de patentes depositados em âmbito nacional e internacional. Para as buscas de pedidos foi utilizada a plataforma LENS.

2.3 Procedimentos

Este trabalho foi realizado em outubro e novembro de 2020 e, em ambos os processos de busca, foram utilizados os descritores: a) na língua portuguesa: “sensor biológico”, “sensor fisiológico”, militar; e b) na língua inglesa: biosensor, “*physiological sensor*”, *military*. Nos campos de pesquisa foram selecionados o “título” e “resumo”.

Os dados relacionados às publicações científicas e os depósitos de patentes foram processados e analisados até novembro de 2020.

Para a análise dos dados coletados e construção dos gráficos foi utilizado o programa *GraphPad Prism 8* (*GraphPad Software Inc.*, San Diego, CA, EUA).

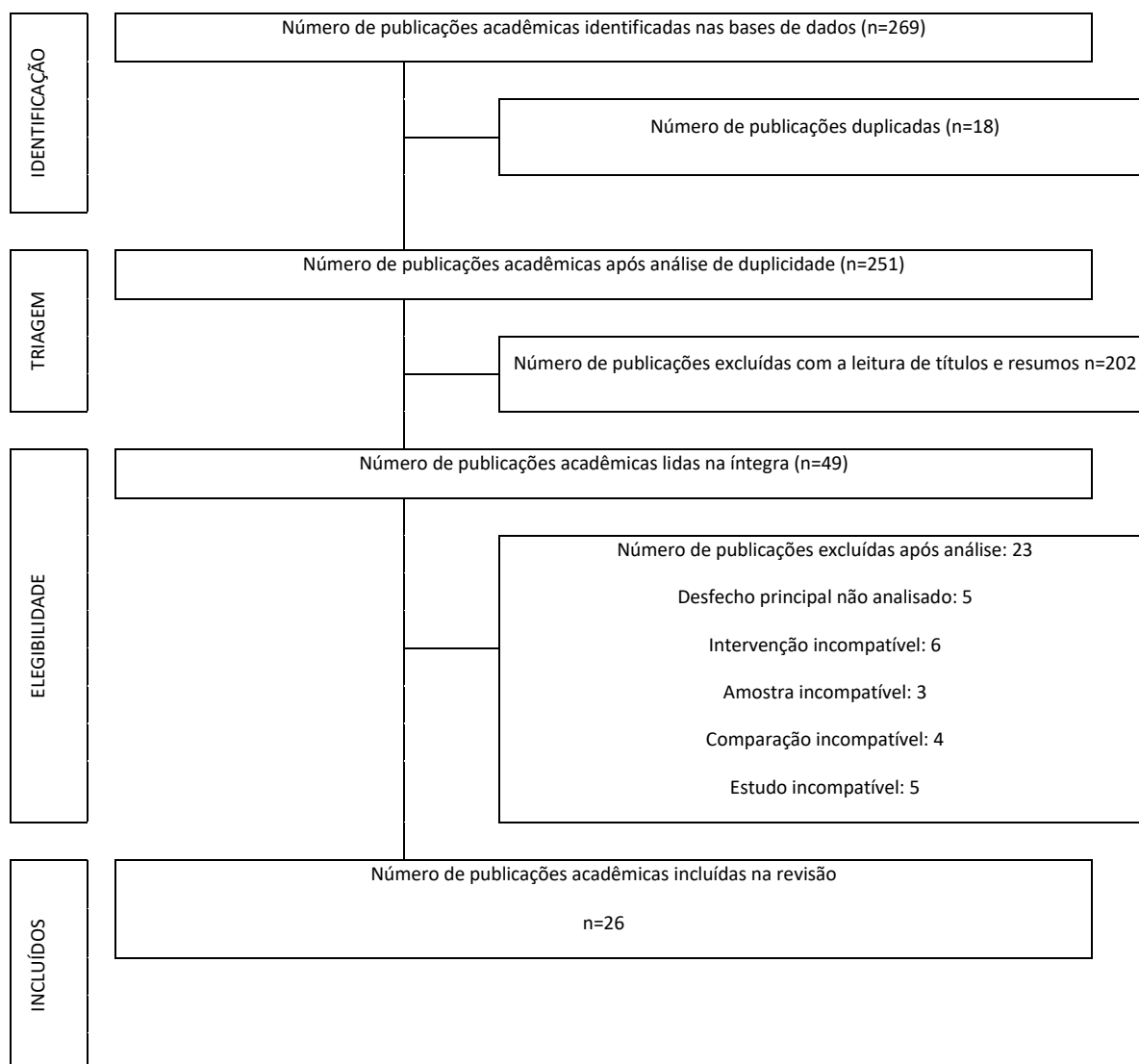


3 Análise e Discussão dos Resultados

A partir da elaboração dos parâmetros para uma revisão integrativa (Figura 1), quanto ao número de publicações inseridas nas bases de dados *ScienceDirect*, *PubMed* e *LENS*, foram identificadas 269 publicações no período de 1967 a novembro de 2020 e dentre essas 18 apresentavam duplicidade de publicações.

No instante da triagem (Figura 1), as publicações foram analisadas (n=251) e excluídas (n=202) conforme o alinhamento do título e resumo com o objetivo traçado para esta investigação.

Figura 1 – Fluxograma do procedimento metodológico referente à revisão integrativa.



Fonte: os autores

Ao analisar a elegibilidade (Figura 1) das publicações foram verificados o desfecho, a intervenção, a amostra, a comparação e o tipo de estudo do levantamento feito nas bases de dados.



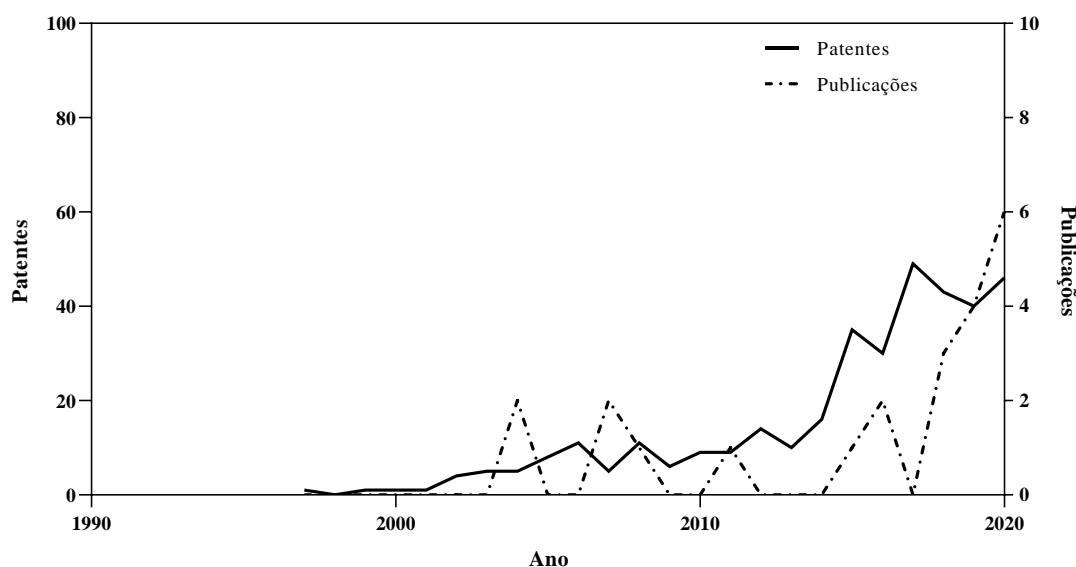
Após essa fase 23 publicações foram excluídas por não apresentarem elegibilidade adequada ao objetivo do trabalho.

Após os processos supracitados para nortear a revisão integrativa (Figura 1) foram incluídas neste estudo 26 artigos científicos publicados entre 2004 a 2020.

Durante o processo de análise de patentes na plataforma LENS, para uma melhor visualização destes depósitos foram utilizados os descritores “biosensor”, “*physiological sensor*” e “*military*”. Com essa busca executada as patentes foram agrupadas em famílias de patente bem como filtradas conforme os códigos A61b5/00 e A61b5/08, de acordo com a referência de classificação internacional de patente (*International Patent Classification – IPCR*).

Com esses parâmetros de busca inseridos na plataforma LENS foram encontrados 360 patentes, entre os períodos de 1997 a 2020, que estavam de acordo com os objetivos traçados para este estudo (Figura 2).

Figura 2 – Análise temporal das publicações, após processo de elegibilidade da revisão integrativa, e depósito de patentes referente a sensores fisiológicos com aplicabilidade militar.



Fonte: os autores

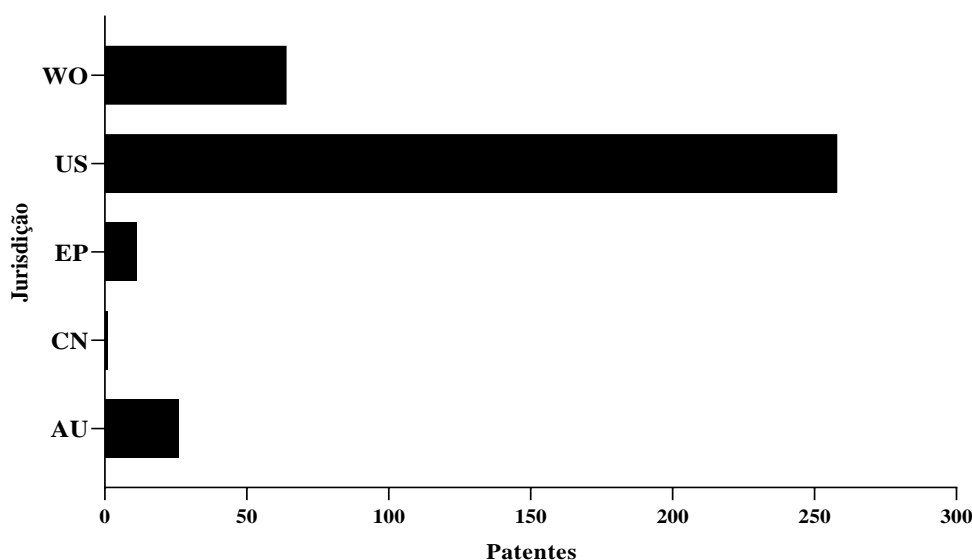
Nessa mesma análise foi observado o fator jurisdição (Figura 3) em relação ao número de patentes depositadas, no qual os Estados Unidos da América (US) é o maior depositante de patentes, seguido por *World Intellectual Property Organization* (WO), Austrália (AU), Patentes Europeias (EP) e China (CN).

Enormes esforços de pesquisa e comercialização em todo o mundo estão focados no desenvolvimento de novos sistemas portáteis com biosensores eletroquímicos (Figura 2) que possam ser acoplados ao corpo humano visando rastrear, de forma contínua e não invasiva, os marcadores bioquímicos nos fluidos corporais para o prognóstico, diagnóstico e tratamento de doenças. O



monitoramento do estado fisiológico, por meio de biossensores, é parte da inovação tecnológica do setor da engenharia biomédica, que permite análise do estado da saúde e do desempenho físico de um indivíduo a partir de seu perfil fisiológico em tempo real. Fato esse que nos permite identificar a real situação fisiológica do indivíduo do que, somente associar seus padrões fisiológicos, estimados por meio de inferências, da população, da missão e/ou do ambiente ao qual o indivíduo está sendo submetido (FRIEDL, 2018). Esses sistemas têm aplicações militares úteis que podem fornecer informações acionáveis remotamente em tempo real para tomada de decisões durante as operações militares.

Figura 3 – Número de patentes depositadas por jurisdição. Estados Unidos da América (US); *World IntellectualPropertyOrganization* (WO); Austrália (AU); Patentes Européias (EP); e China (CN).



Fonte: os autores

As Forças Armadas necessitam de um sistema que possibilite a interpretação de dados oriundos de sensores fisiológicos portáteis acoplados no soldado para inferir o estado clínico no campo de batalha (DECAENS; VERMEERSCH, 2016; ILAYARAJA R, ROSHAN J, GANESAN M K, 2020; LI *et al.*, 2015; MATHAVAN *et al.*, 2020; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2004; SALINAS *et al.*, 2011; WYSS; MÄDER, 2011). Essa demanda fez com que, no final do século XX e início do século XXI, as atividades de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, bem como os depósitos de patentes apresentassem uma evolução anual da utilização de biossensores no monitoramento do estado de saúde do público civil e militar. Esse aumento é apresentado na Figura 2, quando foi analisado, na base temporal, o número de patentes depositadas de acordo com os parâmetros inseridos na plataforma LENS, corroborando a elegibilidade das publicações inseridas nessa revisão integrativa.



O monitoramento de sinais vitais durante atividades que necessitam de maior dinâmica corporal requer sensores pequenos, leves e robustos. Um sistema usado no corpo deve ser discreto, não invasivo e de fácil utilização. Deve ser capaz de registrar dados de sinais vitais por várias horas, bem como transmitir em tempo real usando tecnologias sem fio e seguras.

O exército dos Estados Unidos da América, preocupado com essa necessidade, desenvolveu um conceito denominado de *Warfighter Physiological Status Monitoring* (WPSM). Esse projeto, que ainda está em andamento, consiste de biossensores usados no corpo com uma unidade de controle de processamento central contendo firmware para avaliar o estado fisiológico do soldado (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2004; SAVELL *et al.*, 2004).

O Centro de Pesquisa Ames da NASA (*Astrobionics*) e a Universidade de Stanford (*National Center for Space Biological Technologies*) estão atualmente desenvolvendo um sistema de monitoramento fisiológico acoplado ao corpo humano para astronautas, chamado *LifeGuard*, que atende a todos os requisitos acima e também é aplicável à saúde clínica doméstica monitoramento, primeiros socorros e aplicações militares (MONTGOMERY *et al.*, 2004)

Outro sistema é o *Physiological Sensor Suite* (PSS) integrado com base nas tecnologias inovadoras de sensores bioelétricos não invasivos da QUASAR. Esses fornecem metodologia integrada e não invasiva para sensoriamento fisiológico (MATTHEWS *et al.*, 2007).

Para um gerenciamento destes dados soluções devem ser apresentadas de forma multimodal (BARTHELMESS; OVIATT, 2008; MATTHEWS *et al.*, 2007; NWEKE *et al.*, 2019) e com algoritmos específicos para as respostas fisiológicas perante as demandas externas (BULLER; WELLES; FRIEDL, 2018; KING *et al.*, 2017; PIMENTA *et al.*, 2016; RYAN *et al.*, 2011; SALINAS *et al.*, 2011). Para responder essa demanda um sistema de análise fisiológica foi desenvolvido como um recurso para apoiar o armazenamento, gerenciamento e processamento eficientes de dados fisiológicos, particularmente dados de séries temporais contínuas que podem ser extensos, de qualidade variável e distribuída em muitos arquivos (MCKENNA *et al.*, 2007). Esse incorpora dados de série temporal coletados por muitos tipos de dispositivos de aquisição de dados e é projetado para liberar os usuários das cargas de gerenciamento de dados.

Sensores miniaturizados desempenham um papel significativo no mundo da nanotecnologia. Nanomateriais de tamanho afetado tornam-se materiais adequados para detecção, com suas diferentes propriedades, como propriedades eletroquímicas, fotônicas e magnéticas superiores. Como exemplo, nanopartículas têm sido utilizadas como *biotracers* sensíveis. O uso de nanopartículas para aumentar a sensibilidade depende muito de seu tamanho pequeno, pois suas propriedades são muito afetadas por sua alta área de superfície (ALIOFKHAZRAEI; ALI, 2014).

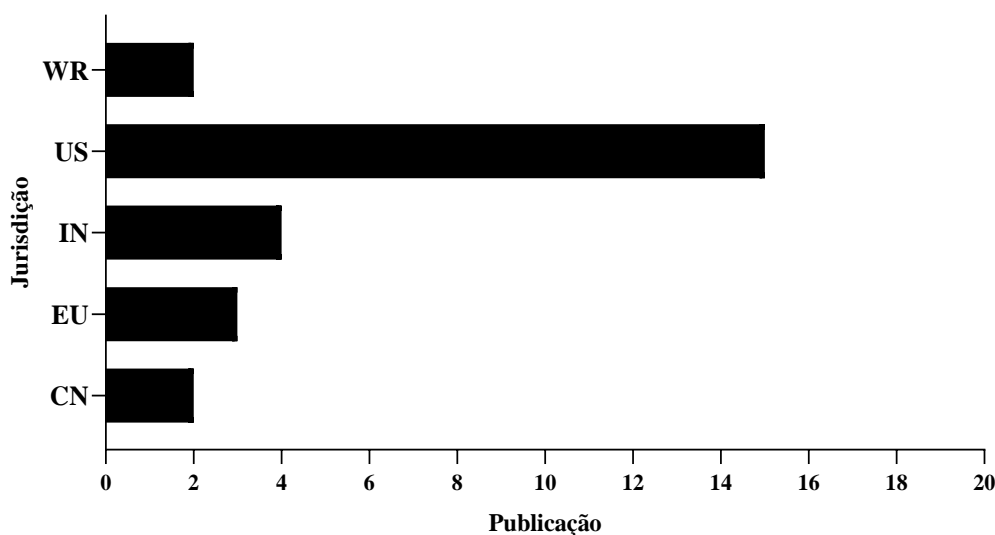
Embora muitos países em todo o mundo tenham contribuído significativamente para esse campo emergente, suas contribuições são inferiores às dos Estados Unidos da América, fortalecendo



a relação da elegibilidade das publicações e o depósito de patentes apresentada neste estudo (Figura 3 e Figura 4).

É evidente que os pesquisadores na América do Norte estão liderando (Figura 3 e 4) o desenvolvimento de plataformas inovadoras de um produto tecnológico acoplados ao corpo humano de maneira confortável e de forma eficiente, que analisam parâmetros fisiológicos por meio da detecção eletroquímica de biomarcadores usando como interface eletrodos seletivos de íons potenciométricos e sensores enzimáticos amperométricos (ALIOFKHAZRAEI; ALI, 2014; MIN *et al.*, 2021).

Figura 4 – Número de publicações nas bases de dados, após processo de elegibilidade da revisão integrativa, por jurisdição. Estados Unidos da América (US); Outros países (WR); Índia (IN); Europa (EU); e China (CN).



Fonte: os autores

Além disso, a perspectiva do futuro promissor nos sensores eletroquímicos acoplado ao corpo humano e suas aplicações, vão desde os cuidados remotos e personalizados de saúde até as demandas operacionais militares (MIN *et al.*, 2021). Estes sistemas terão aplicações militares úteis se forem aceitáveis para os seus usuários (os soldados) e fornecerem informações importantes que possam ser acionadas remotamente em média e longa distância.

Os sistemas portáteis de monitoramento com biossensores disponíveis comercialmente não atendem às necessidades militares relevantes. Esses normalmente carecem de algoritmos validados, que tornem úteis as informações computadas em tempo real e de forma segura. O desenvolvimento de sensores fisiológicos acoplados ao corpo humano, nesse caso acoplado ao militar, requer o comprometimento de esforços interativos envolvendo fisiologistas, biomecânicos, engenheiros biomédicos e o próprio usuário (KHAN; BOUTELLE, 2019).



As aplicações desses sensores fisiológicos acoplados aos militares durante as demandas operacionais devem ser capazes de fornecer informações de status fisiológico individual, detectar uma falha iminente do soldado devido à carga de estresse (físico, psicológico ou ambiental), possibilitar a triagem e o gerenciamento clínico precoce, auxiliar na melhora de hábitos saudáveis e preparação física e monitorar os riscos à saúde em longo prazo (FRIEDL, 2018; LIM *et al.*, 2010; PHAM *et al.*, 2020; SHI *et al.*, 2019; SHUMWAY *et al.*, 2020).

Para tanto, as interfaces cérebro-computador e neurotecnologias estão sendo usadas para medir sinais neurais e fisiológicos (neurofisiológicos) em tempo real do corpo humano e possuem um imenso potencial para avanços em diagnósticos médicos, prevenção e intervenção. Dado o papel futuro das neurotecnologias de sensores acoplados ao corpo humano, que provavelmente servirão no setor de saúde e desempenho físico, uma avaliação crítica do estado da arte é necessária para obter uma melhor compreensão de seus pontos fortes e limitações atuais (CANNARD *et al.*, 2020). Embora muitos desafios metodológicos permaneçam, esses sistemas hospedam o potencial de facilitar a coleta de dados em grande escala, ultrapassando os limites dos ambientes de laboratório de pesquisas tradicionais.

4 Conclusão

O interesse pela tecnologia de biossensores ou sensores fisiológicos aplicada às demandas operacionais militares é uma realidade nos países que apresentam alto índice de produção tecnológica. Portanto, essa tecnologia deve ser vislumbrada pelos países que buscam essa autonomia tecnológica e o engrandecimento no setor de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação nessa área.

Assim, uma das partes mais promissoras e ainda menos desenvolvidas do monitoramento de desempenho físico militar por meio de biossensores é a captura, armazenamento e transmissão de longa distância das medições de sinais neurofisiológicos, por exemplo, sinais eletromiográficos e eletroencefalográficos durante as demandas militares operacionais da Força Terrestre.



Referências

ALIOFKHAZRAEI, M.; ALI, N. Recent Developments in Miniaturization of Sensor Technologies and Their Applications. **Comprehensive Materials Processing**, v. 13, p.245-306, ABR 2014. DOI: [10.1016/B978-0-08-096532-1.01309-1](https://doi.org/10.1016/B978-0-08-096532-1.01309-1).

BARTHELMESS, P.; OVIATT, S. Chapter 12 - Multimodal Interfaces. Combining Interfaces to Accomplish a Single Task. *In*: Philip Kortum (Ed.), **Interactive Technologies, HCI Beyond the GUI**, Morgan Kaufmann, JUL 2008, p. 391-444. DOI: [10.1016/B978-0-12-374017-5.00012-2](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374017-5.00012-2).

BÖHM, B. *et al.* Effects of mobile health including wearable activity trackers to increase physical activity outcomes among healthy children and adolescents: Systematic review. **Journal of Medical Internet Research: MHealth Uhealth**, v. 7, n 4:e8298, ABR 2019. DOI: [10.2196/mhealth.8298](https://doi.org/10.2196/mhealth.8298).

BRICKWOOD, K. J. *et al.* Consumer-based wearable activity trackers increase physical activity participation: Systematic review and meta-analysis. **Journal of Medical Internet Research: MHealth Uhealth**, v. 7, n 4:e8298, ABR 2019, DOI: [10.2196/11819](https://doi.org/10.2196/11819).

BULLER, M. J.; WELLES, A. P.; FRIEDL, K. E. Wearable physiological monitoring for human thermal-work strain optimization. **Journal of Applied Physiology**, v. 124:2, n 2, p.432-441, 2018b, DOI: [10.1152/jappphysiol.00353.2017](https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00353.2017).

CANNARD, C. *et al.* Chapter 16 - Self-health monitoring and wearable neurotechnologies. *In*: RAMSEY, N. F.; MILLÁN, J. R. (Eds) **Handbook of Clinical Neurology**, MAR 2020. v. 168. p.207-232. DOI: [10.1016/B978-0-444-63934-9.00016-0](https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63934-9.00016-0).

DECAENS, J.; VERMEERSCH, O. 23 - Wearable technologies for personal protective equipment: Embedded textile monitoring sensors, power and data transmission, end-life indicators. *In*: KONCAR, V. **Smart Textiles and Their Applications**, ABR 2016. p.519-537. DOI: [10.1016/B978-0-08-100574-3.00023-0](https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100574-3.00023-0).

DORN, D. *et al.* Automatic identification of physical activity type and duration by wearable activity trackers: A validation study. **Journal of Medical Internet Research: MHealth Uhealth**, v. 7, n 5, p. 13547, MAIO 2019. DOI: [10.2196/13547](https://doi.org/10.2196/13547).

EVTUGYN, G. **Biosensors : Essentials**. Biosensors: Essentials, Springer Berlin Heidelberg, 2014. v. 84. p.21-97.

FRIEDL, K. E. Military applications of soldier physiological monitoring. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 21, n 11, p. 1147-1153, JUN 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.06.004>.



HOYT, R. W. *et al.* **Combat medical informatics: present and future.** *In: Proceedings of the AMIA: Annual Symposium, 2002.* p. 335.

ILAYARAJA R, ROSHAN J, GANESAN M K, A. M. Smart health monitoring system for soldiers using IoT. **Journal of Critical Reviews**, v. 7, n^o 14, p. 847–881, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.31838/jcr.07.14.212>.

KHAN, M.; BOUTELLE, M. The military applications of physiological sensors. **Trauma** (United Kingdom), v. 21, n 1, p. 3-5, JAN 2019. DOI: [10.1177/1460408618810702](https://doi.org/10.1177/1460408618810702).

KING, R. C. *et al.* Application of data fusion techniques and technologies for wearable health monitoring. **Medical Engineering and Physics**, v. 42, p.1-12, FEV 2017. DOI: [10.1016/j.medengphy.2016.12.011](https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2016.12.011).

LAI, E.; FRIEDL, K. E. Digital soldiers: Transforming personalized health in challenging and changing environments. *In: Proceedings of the 6th International Workshop on Wearable, Micro, and Nano Technologies for Personalized Health: “Facing Future Healthcare Needs”, 2009*, p. 5-8. DOI: [10.1109/PHEALTH.2009.5754831](https://doi.org/10.1109/PHEALTH.2009.5754831).

LEE, A. M. *et al.* Efficacy and effectiveness of mobile health technologies for facilitating physical activity in adolescents: Scoping review. **Journal of Medical Internet Research: Mhealth Uhealth**, v. 21, n 2, p. e11847, FEV 2019. DOI: [10.2196/11847](https://doi.org/10.2196/11847).

LI, C. *et al.* A method for remotely sensing vital signs of human subjects outdoors. **Sensors** (Switzerland), v. 15, n 7, p.14830-14844, JUN 2015. DOI:[10.3390/s150714830](https://doi.org/10.3390/s150714830).

LIM, H. B. *et al.* **A soldier health monitoring system for military applications.** *In: 2010 International Conference on Body Sensor Networks*, JUN 2010, p.246-249. DOI: [10.1109/BSN.2010.58](https://doi.org/10.1109/BSN.2010.58)

MATHAVAN, V. *et al.* War field soldier body condition monitoring system. **Materials Today: Proceedings**, v. 37, p. 2798-2802, OUT 2020. DOI: [10.1016/j.matpr.2020.08.651](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.651)

MATTHEWS, R. *et al.* A wearable physiological sensor suite for unobtrusive monitoring of physiological and cognitive state. *In: 29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. AGO 2007, p. 5276-5281. DOI: [10.1109/IEMBS.2007.4353532](https://doi.org/10.1109/IEMBS.2007.4353532).

MCKENNA, T. M. *et al.* The physiology analysis system: An integrated approach for warehousing, management and analysis of time-series physiology data. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v. 86, n 1, p. 62-72, ABR 2007. DOI: [10.1016/j.cmpb.2007.01.003](https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2007.01.003).



MILES, I. The development of technology foresight: A review. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 77, n 9, p.1448-1456, 2010. DOI: [10.1016/j.techfore.2010.07.016](https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.07.016).

MIN, J. *et al.* Wearable electrochemical biosensors in North America. **Biosensors and Bioelectronics**, v. 172, p. e112750, JAN 2021. DOI: [10.1016/j.bios.2020.112750](https://doi.org/10.1016/j.bios.2020.112750).

MOHINO-HERRANZ, I. *et al.* Assessment of mental, emotional and physical stress through analysis of physiological signals using smartphones. **Sensors (Switzerland)**, v. 15, n 10, p. 25607-25627, OUT 2015, DOI: [10.3390/s151025607](https://doi.org/10.3390/s151025607).

MONTGOMERY, K. *et al.* Lifeguard - A personal physiological monitor for extreme environments. *In: 26th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology*, SET 2004, p2192-2195. DOI: [10.1109/IEMBS.2004.1403640](https://doi.org/10.1109/IEMBS.2004.1403640).

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Capturing the Full Power of Biomaterials for Military Medicine: Report of a Workshop**. National Academies Press, 2004.

NWEKE, H. F. *et al.* Data fusion and multiple classifier systems for human activity detection and health monitoring: Review and open research directions. **Information Fusion**, v. 46, p. 147-170 MAR 2019. DOI: [10.1016/j.inffus.2018.06.002](https://doi.org/10.1016/j.inffus.2018.06.002).

PARANHOS, R. de C. S.; RIBEIRO, N. M. Importância da prospecção tecnológica em base em patentes e seus objetivos da busca. **Cadernos de Prospecção**, v. 11, n 5, p.1274, DEZ 2018. ISSN: 1983-1358, DOI: [10.9771/cp.v12i5.28190](https://doi.org/10.9771/cp.v12i5.28190).

PHAM, S. *et al.* Wearable sensor system to monitor physical activity and the physiological effects of heat exposure. **Sensors (Switzerland)**, v. 20, n 3, p. 855, FEV 2020. DOI: [10.3390/s20030855](https://doi.org/10.3390/s20030855).

PIMENTA, A. *et al.* A neural network to classify fatigue from human-computer interaction. **Neurocomputing**, v. 172, p.413-426, JAN 2016. DOI: [10.1016/j.neucom.2015.03.105](https://doi.org/10.1016/j.neucom.2015.03.105).

REIFMAN, J. *et al.* Military research needs in Biomedical Informatics. **Journal of the American Medical Informatics Association**, v. 9, n 5 p. 509-519, SET 2002. DOI: [10.1197/jamia.M1044](https://doi.org/10.1197/jamia.M1044).

RYAN, K. L. *et al.* **Advanced technology development for remote triage applications in bleeding combat casualties**. U.S. Army Medical Department Journal, ABR 2011.

SALINAS, J. *et al.* **Advanced monitoring and decision support for battlefield critical care environment**. U.S. Army Medical Department journal, ABR 2011.

SAVELL, C. T. *et al.* Life sign decision support algorithms. *In: Medinfo*, JAN 2004, p. 1453-1457.

SAWKA, M. N. ; FRIEDL, K. E. Emerging Wearable Physiological Monitoring Technologies and



Decision Aids for Health and Performance. **Journal Applied of Physiology**, v. 124, n. 2, p.432-441, FEV 2018. DOI: [10.1152/jappphysiol.00964.2017](https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00964.2017).

SHI, H. *et al.* Systematic analysis of a military wearable device based on a multi-level fusion framework: Research directions. **Sensors** (Switzerland), v. 19, n. 12, p. 2651, JUN 2019. DOI: [10.3390/s19122651](https://doi.org/10.3390/s19122651).

SHUMWAY, J. *et al.* Biomarkers, Creatine Kinase, and Kidney Function of Special Operation Candidates During Intense Physiological Training. **Military Medicine**, v. 185, n 7–8, p. e982-e987, JUL 2020. DOI: [10.1093/milmed/usaa079](https://doi.org/10.1093/milmed/usaa079).

SOARES, L. *et al.* Literature review: particularities of each type of study / Revisão de literatura: particularidades de cada tipo de estudo. **Revista de Enfermagem da UFPI**, v. 2, n 5, p.14-18, DEZ 2013. DOI: [10.26694/reufpi.v2i5.1200](https://doi.org/10.26694/reufpi.v2i5.1200).

SOUZA, M. T. De; SILVA, M. D. da; CARVALHO, R. de. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Einstein**, v. 8, n 1, p.102-106, MAR 2010. DOI: [10.1590/S1679-45082010RW1134](https://doi.org/10.1590/S1679-45082010RW1134)

STACEY, M. J.; HILL, N.; WOODS, D. Physiological monitoring for healthy military personnel. **Journal of the Royal Army Medical Corps**, v. 164, n. 4, p. 290–292, AGO 2018. DOI: [10.1136/jramc-2017-000851](https://doi.org/10.1136/jramc-2017-000851).

WYSS, T.; MÄDER, U. Energy expenditure estimation during daily military routine with body-fixed sensors. **Military Medicine**, v. 176, n 5, p. 494-499, MAIO 2011. DOI: [10.7205/MILMED-D-10-00376](https://doi.org/10.7205/MILMED-D-10-00376).