

Tecnologias de IoT na área da saúde para idosos: um mapeamento sistemático

IoT technologies for elderly health care: a systematic mapping

Tecnologías IoT para el cuidado de la salud de las personas mayores: un mapeo sistemático

Recebido: 16/05/2022 | Revisado: 30/05/2022 | Aceito: 02/06/2022 | Publicado: 06/06/2022

Silvia Regina Gralha

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2432-8054>
Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Brasil
E-mail: silvia.gralha@ufcspa.edu.br

Tânia Fleig

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5545-1026>
Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Brasil
E-mail: tania.fleig@ufcspa.edu.br

Fernanda Viegas Dihl

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7047-5536>
Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Brasil
E-mail: fernanda.dihl@ufcspa.edu.br

Analúcia Schiaffino Morales

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0990-8886>
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
E-mail: analucia.morales@ufsc.br

Silvio César Cazella

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2343-893X>
Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Brasil
E-mail: silvioc@ufcspa.edu.br

Resumo

Considerando os desafios e os benefícios inerentes à Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoT) para idosos na área da saúde, o estudo teve como objetivo realizar um mapeamento sistemático da literatura, na qual a busca foi realizada em dezembro de 2021, nas bases de dados da Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), *Web of Science*, *Pubmed*, *Embase* e *Medline*. Foram utilizados os descritores: tecnologia, aplicação, saúde, Internet das Coisas e idosos. Foram identificados 873 estudos, e depois de aplicados os critérios de seleção, 39 publicações alcançaram o nível de qualidade para inclusão e síntese. Os artigos revisados apresentam dados significativos sobre a evolução dos tratamentos tecnológicos remotos para os idosos. Este estudo é recomendado para auxiliar em pesquisas que visem aumentar o conhecimento, o uso e a qualidade das tecnologias IoT na área da saúde.

Palavras-chave: Internet das coisas; Idosos; Saúde; Ensino.

Abstract

Considering the challenges and benefits inherent to the Internet of Things (IoT) for the elderly in the health area, this study aimed to carry out systematic mapping of the literature, which the search was carried out in December 2021, in the Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), *Web of Science*, *Pubmed*, *Embase*, and *Medline* databases. Some of the following descriptors were used: technology, application, health, Internet of Things and elderly. Were identified 873 studies and after applying the selection criteria, 39 publications reached the quality level for inclusion and inclusion. The reviewed articles present important data on the evolution of remote technological treatments for the elderly. This study is recommended to assist in research studies to increase knowledge, use, and quality of IoT technologies in health.

Keywords: Internet of things; Seniors; Health; Teaching.

Resumen

Considerando los desafíos y beneficios inherentes al Internet de las Cosas (*Internet of Things* - IoT) para los ancianos en el área de la salud, este estudio tuvo como objetivo realizar un mapeo sistemático de la literatura, cuya búsqueda se realizó en diciembre de 2021, en la Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), *Web of Science*, *Pubmed*, *Embase* y bases de datos *Medline*. Se utilizaron algunos de los siguientes descriptores: tecnología, aplicación, salud, Internet de las Cosas y ancianos. Se identificaron 873 estudios y después de aplicar los criterios de selección, 39 publicaciones alcanzaron el nivel de calidad para inclusión e inclusión. Los artículos revisados presentan datos importantes sobre la evolución de los tratamientos tecnológicos a distancia para personas mayores. Se recomienda este estudio para ayudar en los estudios de investigación para aumentar el conocimiento, el uso y la calidad de las tecnologías de IoT en la salud.

Palabras clave: Internet de las cosas; Personas mayores; Salud; Enseñanza.

1. Introdução

A ascensão da Internet das Coisas (IoT) nos últimos anos levou a uma mudança de paradigma em todas as áreas da interação homem-máquina. Considera-se Internet das Coisas da Saúde (H-IoT) um ecossistema de sensores e outras tecnologias que coletam dados vitais de saúde onipresentes, compartilhando-os através de uma rede de transmissão, com protocolos de comunicação, gateways e serviços de distribuição em nuvem (Quadri et al., 2020).

A adoção de tecnologias digitais de saúde na área da geriatria tem sido parcialmente dificultada pelos desafios na adaptação e personalização de sistemas de monitoramento para pacientes mais velhos (Fallahzadeh et al., 2018). Entretanto, várias tecnologias de ponta, como aprendizado de máquina, aprendizado profundo, IoT, análise de dados e inteligência artificial abriram uma nova arena de pesquisa no campo dos serviços de saúde. Em particular, a IoT mostrou um crescimento substancial nos últimos anos e espera-se que continue nos períodos futuros (Das, 2017).

A IoT pode fornecer aos idosos dispositivos eletrônicos e sensores por meio da internet de forma a facilitar sua independência funcional na vida diária, ampliando sua própria capacidade ou facilitando os esforços de seus cuidadores (Della Mea, 2020). Desta forma, através deste estudo será apresentada a evolução histórica sobre o tema e quais os dispositivos eletrônicos e sensores utilizados, bem como, quais os benefícios e desafios encontrados na Internet das Coisas para pessoas idosas.

Assim, este estudo pretende apresentar um mapeamento sistemático da literatura sobre as tecnologias de IoT na área da saúde para pessoas idosas. O resultado desta pesquisa pode ser benéfico para os pesquisadores, especialmente para os profissionais de Tecnologia da Informação (TI) e da Saúde que desejam desenvolver, para uso eficiente, a tecnologia nas mais diversas aplicações das áreas de saúde. O artigo foi organizado em cinco seções. A metodologia empregada no estudo compõe a Seção 2, incluindo as questões de pesquisa, as bases de dados investigadas, bem como, os critérios de seleção e exclusão dos trabalhos. Os resultados e discussões são apresentados na Seção 3. Seguem as considerações finais, trabalhos futuros e as referências bibliográficas.

2. Metodologia

O processo final do mapeamento sistêmico permite a identificação de lacunas na área de estudo, possibilitando futuras pesquisas sobre o tema e instrui o pesquisador para novas abordagens de IoT para pessoas idosas (Kitchenham; Charters, 2007; Petersen et al., 2008; Kitchenham et al., 2011). Neste sentido, o método de mapeamento promove uma visão sistêmica sobre determinado tópico e avalia se existem sub tópicos a serem pesquisados por meio de estudos primários, considerando que o Ministério da Saúde (MS) está atrelado na estruturação de uma área de pesquisa (Petersen et al., 2015) e possui como objetivo identificar e classificar os estudos primários relevantes em categorias bem definidas (Kitchenham et al., 2011).

2.1 Planejamento da Pesquisa

Durante o planejamento de um mapeamento sistêmico deve-se definir se será utilizado algum critério para avaliar e classificar a qualidade das pesquisas selecionadas, com isso, criar critérios de exclusão em decorrência da qualidade apresentada dos estudos (Wolin et al., 2013). Por fim, o mapeamento sistêmico será aplicado para a estruturação de um tópico de pesquisa (Petersen et al., 2015), tendo como objetivo classificar a literatura relevante e possibilitar estudos em relação às áreas definidas (Kitchenham et al., 2011).

A fim de atingir o objetivo deste estudo, foi elaborado o planejamento com estratégias de busca e critérios de exclusão de artigos primários e secundários, descritos nas subseções seguintes.

2.1.1 Questões de Pesquisa

Foram elaboradas 4 questões norteadoras para investigação desta pesquisa, apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1. Questões de busca para a pesquisa.

Como se deu a evolução histórica das publicações sobre Internet das Coisas para pessoas idosas?
Quais são os dispositivos eletrônicos e sensores encontrados na literatura Internet das Coisas para pessoas idosas?
Essas tecnologias já estão disponíveis no mercado?
Quais são os desafios encontrados na literatura Internet das Coisas para pessoas idosas?
Como a Internet das Coisas está atendendo aos idosos?

Fonte: Autores.

2.1.2 Processo de Busca

Foi realizado um estudo das palavras-chave necessárias com a intenção de responder às perguntas já definidas. Após, foi selecionada a base PubMed para servir como exemplo para construção da *String* e servir de modelo para aplicar nas outras bases de dados. Contudo, foi verificada que para as outras bases escolhidas, a *String* permaneceu a mesma.

Quadro 2. Fontes e *String* de busca para a pesquisa.

Fonte	<i>String</i>
Web of science	(technology OR technologies OR application OR applications) AND (monitoring OR tracking OR watching) AND (health OR healthy OR state of health) AND (IoT OR Internet of Things) AND (elderly OR advanced OR aging population OR senior OR seniors OR aged OR old OR older OR older people OR older citizens)
Pubmed	
Embase	
Medline	
BVS	

Fonte: Autores.

Realizada a pesquisa a partir da *String* definida, foram adicionados os critérios de inclusão, sendo eles: artigos escritos a partir de 2017; escritos em português, inglês e espanhol; artigos completos; abertos e publicados em bases de periódicos.

O Quadro 3 apresenta a quantidade de publicações apresentadas após pesquisa pela *String* e critérios de inclusão.

Quadro 3. Quantidade de artigos encontrada em cada fonte.

Pubmed	Web of science	Embase	Medline	BVS
209	368	152	138	6

Fonte: Autores.

2.1.3 Critérios de exclusão

Os critérios de exclusão possuem como objetivo remover os trabalhos que não se enquadram no objetivo desta revisão. A fim de oferecer uma seleção de artigos específicos para a análise e estudo, foram elaborados 4 critérios de exclusão, apresentados no Quadro 4.

Quadro 4. Critérios de Exclusão

Artigos duplicados.
Não respondem a nenhuma questão de pesquisa.
Estudos que tratem de tecnologias de IoT que não sejam da saúde para pessoas idosas.

Fonte: Autores.

Uma leitura mais aprofundada dos artigos pré-selecionados foi inicialmente realizada pela base PubMed. A grande maioria dos artigos foram excluídos, pois os temas propostos sobre IoT não estavam relacionados à saúde. Nas seguintes bases estudadas foi verificado um grande volume de artigos duplicados.

No Quadro 5, são apresentados a quantidade de artigos após os critérios de exclusão de cada base e o total de artigos que foram analisados.

Quadro 5. Artigos excluídos pelos critérios de exclusão.

	Pubmed	Web of science	Embase	Medline	BVS	Final
Excluídos	141	361	143	55	3	703
Total Parcial	15	7	9	5	3	39

Fonte: Autores.

Após leitura e análise de 703 títulos e resumos retornados, foram pré-selecionadas as publicações que possuíam potencial de responder às questões norteadoras e atendiam aos critérios de inclusão e exclusão. Restaram 39 publicações para leitura na íntegra.

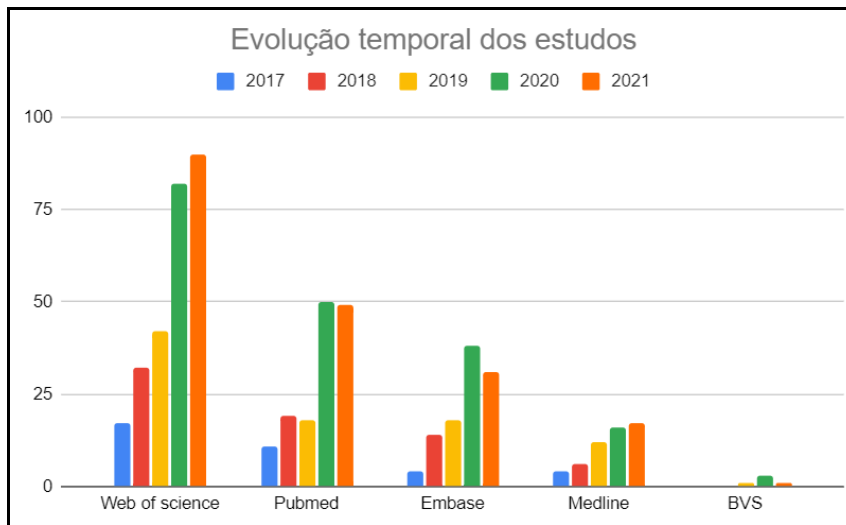
3. Resultados e Discussão

Nesta seção, buscou-se responder as questões de pesquisas definidas no subitem 2.1.1.

3.1 Evolução temporal dos estudos

Um crescente interesse foi identificado em iniciativas que estimulam a Internet das Coisas nos dois últimos anos, de 2020 e 2021, a ilustração abaixo reflete esta afirmação. A Figura 1 apresenta a distribuição dos artigos pelas bases de dados escolhidas nos últimos 5 anos.

Figura 1. Evolução temporal dos estudos.

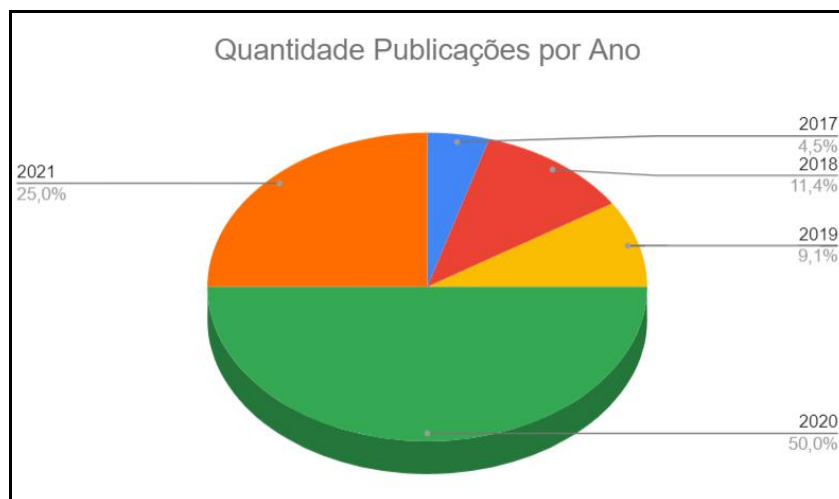


Fonte: Autores.

O gráfico mostra que a base de dados *Web of Science* possui uma quantidade maior de artigos relacionados à *String* de busca realizada, apresentado no Quadro 2 no item 2.1.2. Entretanto, muitos desses artigos foram excluídos do resultado final, pois não estavam relacionados com saúde para idosos ou estavam duplicados em outra base.

Na Figura 2, é apresentada a porcentagem por ano das publicações selecionadas. Pode-se verificar que a maioria dos artigos foram publicados nos anos de 2020 e 2021. Em 2020, 50% dos artigos foram publicados e em 2021, 25% dos artigos encontrados sobre IoT na área da saúde para idosos.

Figura 2. Quantidade Publicações por Ano.



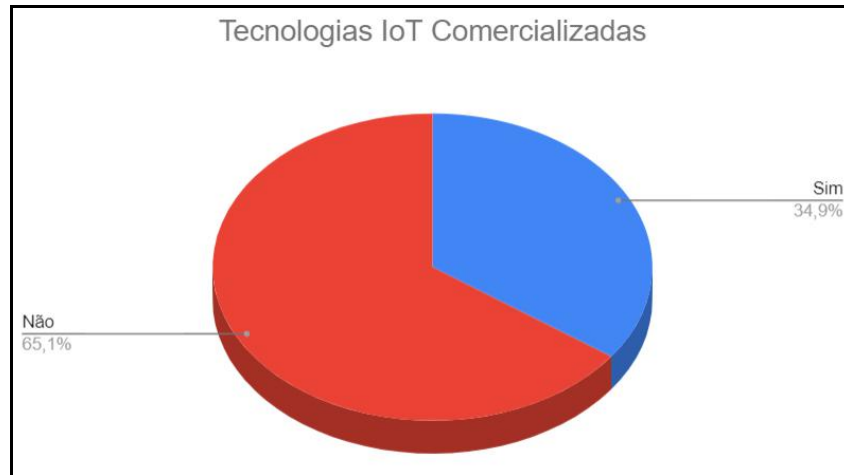
Fonte: Autores.

Foi identificado que o assunto relacionado às tecnologias para área da saúde para idosos está em uma crescente. Apesar de em 2021 ter sido encontrado um número menor de publicações, denota-se que o aumento explosivo em 2020, se sustenta na constatação trazida pelos próprios autores dos artigos revisados. Isso revela que a pandemia forçou uma crescente busca por comunicação e monitoramento à distância entre profissionais da saúde e usuários dos serviços, com o predomínio de temas que exploram a IoT na área da saúde e referem a assistência à pessoa idosa.

3.3 Tecnologias disponíveis para comercialização

Com relação às tecnologias disponíveis para comercialização foi verificado que a grande maioria das tecnologias de IoT estudadas, ainda não estão disponíveis, como mostra a Figura 3.

Figura 3. Tecnologias IoT para comercialização.



Fonte: Autores.

Uma variedade de tecnologias e recursos diferentes foram encontradas, porém percebe-se uma carência em aplicações que já estejam sendo comercializadas no mercado. Estes recursos variam de acordo com o dispositivo, tornando sua utilização mais desafiadora, no entanto, não há dúvida que a disponibilização no mercado e o acesso para usuários pode tornar a aplicação mais rica e atraente.

3.4 Tecnologias, sensores vestíveis ou implantáveis encontradas

O estudo apontou uma ampla variedade de tecnologias, as quais foram mapeadas no Quadro 7, sendo apresentada a relação das tecnologias abordadas nas publicações selecionadas e a frequência com que foram referidas.

Quadro 6. Tecnologias referidas.

Tecnologias, sensor vestível ou implantável	Frequência
Biossensores através de adesivos	6
Sistemas de medicação e métodos inteligentes	3
Aplicativo móvel	1
Pulseira biométrica <i>Hexiwear</i> como um dispositivo IoMT vestível para o monitoramento remoto e medição da frequência cardíaca, temperatura e calorias dos paciente	1
Sensores de movimento na casa	4
Sensor de porta e janela, um sensor multiuso (movimento, temperatura, luminosidade e umidade), um alto-falante inteligente operado por voz e uma câmera de vídeo com protocolo de internet (IP)	1
Sistema de monitoramento vestível carregado com IoT e a orientação de saúde remota pela enfermagem	1
Sensores embutidos em smartphones (GPS, IMU, Bluetooth e Wi-Fi), a rede de comunicação dos ônibus EMT, com informações da linha de ônibus, identificação de paradas e tempo de viagem	1
Sensor de temperatura, oxigenação sanguínea e sensor de frequência cardíaca	4
Monitor de atividade que sinaliza o uso de uma televisão, cafeteira, etc	1
Dispositivo que lembra a hora da pílula	1
Câmeras que captam o movimento através de telas	1
<i>Blockchain e Edge Computing</i>	2
<i>Big Data</i>	3
Sensores infravermelho	3
Eletrocardiógrafos	1
Veículo de micromobilidade	1
Conexões Bluetooth Low-Energy	1
Sensores para pressão	1
Pulseira inteligente integrada	1

Fonte: Autores.

3.5 Como a IoT está atendendo aos idosos e seus desafios

As tecnologias de IoT apresentadas nos artigos revisados transformaram significativamente os serviços de saúde e forneceram novas soluções para vários problemas de saúde. A seguir, apresenta-se alguns benefícios e desafios mais citados nos artigos pesquisados e o que as tecnologias estão ajudando no bem-estar dos idosos e os desenvolvedores, analistas e arquitetos na área da TI ainda estão encontrando barreiras para amplificar esses benefícios.

3.5.1 Quedas

Benefícios: Awais et al. (2019), afirma que o sistema de monitoramento da saída do leito do paciente, baseado na IoT em ambientes clínicos, é capaz de gerar uma resposta oportuna para alertar os profissionais de saúde e idosos por meio da análise dos fluxos de dados sem fio, adquiridos por meio de sensores vestíveis. Uma plataforma de detecção de quedas é capaz de monitorar efetivamente o cotidiano dos idosos. Quando ocorrer um incidente inesperado de queda, o sistema proposto enviará um sinal de alarme para informar os familiares ou outros responsáveis (Cai, 2020).

Desafios: Para Nikolaidou et al. (2021), aumentar a adoção de sistemas IoT pelo paciente, deve-se levar em consideração o conhecimento do paciente sobre as propriedades do sistema. Entretanto, os autores enfatizam a validação e teste dos sistemas propostos em condições de vida real, em um ambiente clínico ou residencial para explorar totalmente sua aplicabilidade de alertar à equipe de saúde, gerando alarmes em movimentos fora da cama de idosos e para detectar e prevenir quedas. Além disso, a detecção deve ser ampliada de modo a melhorar o desempenho em tempo real do sistema.

3.5.2 Monitoramento

Benefícios: O sistema proposto por Santana-Mancilla (2020), consiste em um protótipo inicial vestível para monitoramento de saúde, mede a temperatura corporal, frequência cardíaca e detecção de queda, mostrando os dados em uma tela de cristal líquido (LCD) e envia as notificações para o cuidador, usando um Sistema Global para comunicações móveis (Módulo GSM). As tecnologias de rastreamento de saúde e bem-estar incluem rastreadores de atividades vestíveis, usando acelerômetros e sensores. Eles também incluem monitores de atividade de sensor incorporados, não usáveis para rastrear as atividades diárias (Khan et al., 2021).

Desafios: Durán-Vega et al. (2019), sugere uma avaliação de longo prazo em residências geriátricas, para validar diretamente com os potenciais usuários o benefício que os sistemas de monitoramento podem trazer ao implementá-lo com pacientes. Para Morales-Botello et al. (2021), o problema mais importante encontrado na implementação da arquitetura de um sistema IoT de monitoramento foi determinar quais componentes são adequados para armazenar e processar grandes volumes de dados. Sahu, Oetomo e Morita (2020), afirmam que o sistema de monitoramento estudado pelos autores ainda não é capaz de diferenciar entre os vários ocupantes diferentes em uma mesma casa. Não há como marcar um indivíduo para identificá-lo enquanto ele se move pela casa; portanto, observar um padrão é difícil e ainda não é possível anexá-lo a uma pessoa específica. Atualmente, identificar ou diferenciar os ocupantes da casa é um desafio sem adicionar um dispositivo individual ao corpo.

3.5.3 Medidas Preventivas

Benefícios: O uso de sensores de pressão auxilia a conhecer os pontos de pressão dos pacientes idosos com base em várias posições e prevenir o desenvolvimento de úlceras por pressão (Tun; Samaneh; Farhaan, 2021). O uso eficiente de tecnologias IoT ajuda a educar clientes/pacientes, reduz a carga dos profissionais dos centros de saúde e melhora o monitoramento em tempo real. Os dispositivos influenciam significativamente o monitoramento da saúde geriátrica, sendo que os domínios de monitoramento de saúde podem ser categorizados com base nos serviços prestados aos pacientes (Sahu et al., 2021). Para Pandey (2020), o sistema com IoT não só oferece a facilidade de entregas em domicílio dos medicamentos necessários sob demanda para os idosos, mas também garante que a ajuda adequada chegue ao indivíduo em momentos críticos. Um sistema integrado de alarme poderá alertar gentilmente sobre o horário e a dosagem do medicamento, melhorando assim a adesão do paciente ao medicamento.

Desafios: Meinert et al. (2018) afirma que a maior limitação é a quantidade de bateria que pode ser armazenada nos dispositivos. As limitações no armazenamento da bateria significam que os dispositivos precisam ser recarregados para transmissão contínua de dados, o que pode limitar a utilidade dos dispositivos, especialmente em cenários de captura intensa de

dados, bem como, porque os dispositivos são implementados amplamente e não em redes fechadas, há uma potencial facilidade de acesso e a capacidade de comprometer esses dispositivos é uma preocupação de segurança fundamental.

4. Conclusão

Este mapeamento veio confirmar a ideia inicial da existência de poucas publicações relacionadas às tecnologias IoT voltadas para pacientes idosos da área da saúde. Os trabalhos estudados mostraram bons resultados e boas propostas para a área, assim como boa receptividade por parte das clínicas e hospitais com atendimento para idosos, e principalmente, mostrou que há ainda lacunas a serem estudadas, projetadas, desenvolvidas e adaptadas para tornar a Internet das Coisas uma realidade mais presente na vida dos idosos.

Diante da quantidade relevante de trabalhos que propõem melhorias para potencializar o uso, e da diversidade de estratégias utilizadas, é perceptível a carência da aplicação real das propostas. Apesar de vários avanços tecnológicos e de design em sistemas baseados em IoT, avaliar usabilidade e aceitabilidade ainda é um grande desafio. A medição da vontade de usar e manter, simplicidade, nível de satisfação do paciente, confiabilidade e tempo de uso são algumas das medidas para avaliar usabilidade e aceitabilidade.

O estudo possui por principal limitação o viés decorrente da interpretação dos autores na análise dos artigos, o que pode ter prejudicado a inclusão de trabalhos relevantes. Buscou-se atenuar este viés por meio da condução separadamente do mapeamento por dois pesquisadores e da avaliação das análises realizadas por um terceiro pesquisador. Os termos utilizados na *String* de busca também podem ter afetado a quantidade de artigos retornados, conseqüentemente, artigos primários importantes podem não ter sido analisados. Entretanto, procurou-se mitigar este risco através da dupla verificação do terceiro pesquisador.

Para trabalhos futuros são sugeridas que novas pesquisas definem as métricas para mensurar e melhorar o uso das tecnologias IoT. Investigar outros temas relacionados tais como a segurança e privacidade das informações nos dispositivos destinados aos cuidados dos idosos. Neste sentido, a presente pesquisa apresenta uma rica variedade de assuntos a serem investigados por pesquisadores que possuem interesse no tema.

Referências

- Abbas, M., Somme, D., & Jeannes R. B. (2021). "D-SORM: A digital solution for remote monitoring based on the attitude of wearable devices." *Computer Methods and Programs in Biomedicine* 208: 106247.
- Abril-Jiménez, P., Rojo Lacal, J., & De Los Ríos Pérez, S. (2020). Páramo, M., Montalvá Colomer, J. B., & Arredondo Waldmeyer, M. T. Ageing-friendly cities for assessing older adults' decline: IoT-based system for continuous monitoring of frailty risks using smart city infrastructure. *Aging Clin Exp Res*:663-671. 10.1007/s40520-019-01238-y.
- Awais, M., Raza, M., Ali, K., Ali, Z., Irfan, M., Chughtai, O., Khan, I., Kim, S., & Uu Rehman, M. (2019). An Internet of Things Based Bed-Egress Alerting Paradigm Using Wearable Sensors in Elderly Care Environment. *Sensors (Basel)*. 10.3390/s19112498.
- Balaguera H, Wise D, Ng C, Tso H, Chiang W, Hutchinson A, Galvin T, Hilborne L, Hoffman C, Huang C, & Wang C (2017) Using a Medical Intranet of Things System to Prevent Bed Falls in an Acute Care Hospital: A Pilot Study. *Journal of medical Internet research*. DOI:10.2196/jmir.7131.
- Ben Hassen, H., Dghais, W., & Hamdi, B. (2019). An E-health system for monitoring elderly health based on Internet of Things and Fog computing. *Health Inf Sci Syst*. 10.1007/s13755-019-0087-z.
- Boukhenoufa, I., Amira, A., Bensaali, F., & Soheilian Esfahani, S. A. (2020). A novel gateway-based solution for remote elderly monitoring. *J Biomed Inform*. 10.1016/j.jbi.2020.103521.
- Cai, W.-Y., Guo, J.-H., Zhang, M.-Y., Ruan, Z.-X., Zheng, X.-C., & Lv, S.-S. (2020). GBDT-Based Fall Detection with Comprehensive Data from Posture Sensor and Human Skeleton Extraction. *Journal of healthcare engineering*. DOI:10.1155/2020/8887340.
- Choi, Y. K., Thompson, H. J., & Demiris, G. (2020). Use of an Internet-of-Things Smart Home System for Healthy Aging in Older Adults in Residential Settings: Pilot Feasibility Study. *JMIR Aging*. 10.2196/21964.
- Das, R., Tuna, A., Demirel, S., & Yurdakul, M. K. (2017) A survey on the internet of things solutions for the elderly and disabled: applications, prospects, and challenges. *International Journal of Computer Networks and Applications*. 10.22247/ijcna/2017/49023.

- Daniolou, S., Rapp, A., Haase, C., Ruppert, A., Wittwer, M., Scoccia Pappagallo, A., Pandis, N., Reto, K., & Ienca, M. (2021). Digital Predictors of Morbidity, Hospitalization, and Mortality Among Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Digital Health*. DOI:10.3389/fdgth.2020.602093.
- Della Mea, V., Popescu, M.H., Gonano, D., Petaros, T., Emili, I., & Fattori, M. G. (2020). A Communication Infrastructure for the Health and Social Care Internet of Things: Proof-of-Concept Study. *JMIR Med Inform*. 10.2196/14583.
- Durán-Vega, L.A., Santana-Mancilla, P.C., Buenrostro-Mariscal, R., Contreras-Castillo, J., Anido-Rifón, L.E., García-Ruiz, M.A., Montesinos-López, O.A., & Estrada-González, F. (2019). An IoT System for Remote Health Monitoring in Elderly Adults Through a Wearable Device and Mobile Application. *Geriatrics (Basel)*. 10.3390/geriatrics4020034.
- Ejaz, M., Kumar, T., Kovacevic, I., Ylianttila, M., Harjula, E. (2021). HEALTH-BLOCKEDGE: BlockchainEdge Framework for Reliable Low-Latency Digital Healthcare Applications. *Sensors*. <https://doi.org/10.3390/s21072502>.
- Holmes, M., Nieto, M.P., Song, H., Tonkin, E., Grant, S., & Flach, P. (2020). Modelling Patient Behaviour Using IoT Sensor Data: a Case Study to Evaluate Techniques for Modelling Domestic Behaviour in Recovery from Total Hip Replacement Surgery. *J Healthc Inform Res*. 4, 238–260. <https://doi.org.ez41.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s41666-020-00072-6>
- Fallahzadeh, R., Rokni, S.A., Ghasemzadeh, H., Soto-Perez-De-Celis, E., & Shahrokni, A. (2018). Digital Health for Geriatric Oncology. *JCO Clin Cancer Inform*. 10.1200/CCI.17.00133. PMID: 30652581.
- Kato, S., Ando, M., Kondo, T., Yoshida, Y., Honda, H., & Maruyama, S. (2018). Lifestyle intervention using Internet of Things (IoT) for the elderly: A study protocol for a randomized control trial (the BEST-LIFE study). *Nagoya J Med Sci*. 10.18999/nagjms.80.2.175.
- Khan, M. F., Ghazal, T. M., Said, R. A., Fatima, A., Abbas, S., Khan, M. A., Issa, G. F., Ahmad, M., & Khan, M. A. (2021). An IoMT-Enabled Smart Healthcare Model to Monitor Elderly People Using Machine Learning Technique. *Comput Intell Neurosci*. 10.1155/2021/2487759.
- Kitchenham, B.A., Brereton, P., Li, Z., Budgen, D., & Burn, A. (2011) Repeatability of systematic literature reviews. 15th Annual Conference on Evaluation Assessment in Software Engineering p. 46-55.
- Kitchenham, B.A., Budgen, D., & Brereton, P. (2011). Using mapping studies as the basis for further research: a participant-observer case study. *Inf. Softw. Technol.*638–651. 10.1016/j.infsof.2010.12.011
- Kitchenham, B.A., & Charters, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Tech. Rep. EBSE-2007-01, Keele University.
- Li, S., & Tang, Y. A. (2020). Simple Framework of Smart Geriatric Nursing considering Health Big Data and User Profile. *Comput Math Methods Med*. 10.1155/2020/5013249.
- Li, X., Ren, S., & Gu, F. (2021). Medical Internet of Things to Realize Elderly Stroke Prevention and Nursing Management. *J Healthc Eng*. 10.1155/2021/9989602.
- Ling, Y., Ter Meer, L., Yumak, Z., & Veltkamp, R. (2017). Usability Test of Exercise Games Designed for Rehabilitation of Elderly Patients After Hip Replacement Surgery: Pilot Study. *JMIR Serious Games*. 10.2196/games.7969.
- Lhotska, L., Doležal, J., Adolf, J., Potůček, J., Křížek, M., & Chbani, B. (2018). Personalized Monitoring and Assistive Systems: Case Study of Efficient Home Solutions. *Studies in health technology and informatics*.10.3233/978-1-61499-868-6-19
- Mansouri, S. (2020). The Development of the Vital Signs Tele-monitoring System for the Elderly by Using ‘UML’Language and the Interoperability Standard ‘Continua’. *The Open Bioinformatics Journal* 13.1
- Meinert, E., Van Velthoven, M., Brindley, D., Alturkistani, A., Foley, K., Rees, S., Wells, G., De Pennington, N. (2018). The Internet of Things in Health Care in Oxford: Protocol for Proof-of-Concept Projects. *JMIR Res Protoc*. 10.2196/12077
- Morales-Botello, M. L., Gachet, D., De Buenaga, M., Aparicio, F., Busto, M. J., Ascanio, J. R. (2021). Chronic patient remote monitoring through the application of big data and internet of things. *Health Informatics Journal*. 10.1177/14604582211030956.
- Nathannon, P., & Chaiyan, J. (2021). "Design of a Personal Mobility Device for Elderly Users". *Journal of Healthcare Engineering*. p. 22. <https://doi.org/10.1155/2021/8817115>.
- Nguyen, H. et al. (2018). Falls management framework for supporting an independent lifestyle for older adults: a systematic review. *Aging clinical and experimental research* 1275-1286. 10.1007/s40520-018-1026-6.
- Nikolaidou, M., Kotronis, C., Routis, I. et al. (2021). Incorporating patient concerns into design requirements for IoMT-based systems: The fall detection case study. *Health Informatics Journal*. DOI:10.1177/1460458220982640
- Palumbo, F., Crivello, A., Furfari, F., Girolami, M., Mastropietro, A., Manfredelli, G., Röcke, C., Guye, S., Salvá Casanovas, A., Caon, M., Carrino, F., Abou Khaled, O., Mugellini, E., Denna, E., Mauri, M., Ward, D., Subías-Beltrán, P., Orte, S., Candea, C., Candea, G., Rizzo, G. (2020). Hi This Is NESTORE, Your Personal Assistant: Design of an Integrated IoT System for a Personalized Coach for Healthy Aging. *Front Digit Health*. 10.3389/fdgth.2020.545949.
- Pandey, P., Litorya, R. (2020) Ensuring Elderly Well-Being During COVID-19 by Using the Internet of Things. *Disaster Med Public Health Prep*. 10.1017/dmp.2020.390.
- Petersen, K., Vakkalanka, S., Kuzniarz, L. (2015). Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. *Inf. Softw. Technol.*,64:p. 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2015.03.007>.

- Petersen, K., Feldt, R., Mujtaba, S., Mattsson, M. (2008). Systematic Mapping Studies in Software Engineering. *12nd International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE 2008)*, p. 1-10.
- Pérez-Rodríguez, R., Guevara-Guevara, T., Moreno-Sánchez, P. A., Villalba-Mora, E., Valdés-Aragónés, M., Oviedo-Briones, M., & Rodríguez-Mañas, L. (2020). Monitoring and Intervention Technologies to Manage Diabetic Older Persons: The CAPACITY Case—A Pilot Study. *Frontiers in Endocrinology*, 11, 300.
- Qaffas, A.A., Rakibul, H., & Najah, A. (2021). The internet of things and big data analytics for chronic disease monitoring in Saudi Arabia. *Telemedicine and e-Health*. 27.1 74-81.
- Qadri, Y. A., Nauman, A., Zikria, Y. B., Vasilakos, A. V., & Kim, S. W. (2020). The Future of Healthcare Internet of Things: A Survey of Emerging Technologies. In *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 22(2), 1121-1167. [10.1109/COMST.2020.2973314](https://doi.org/10.1109/COMST.2020.2973314).
- Rawtaer, I., Mahendran, R., Kua, E. H., Tan, H. P., Tan, H. X., Lee, T., & Ng, T. P. (2020) Early Detection of Mild Cognitive Impairment With In-Home Sensors to Monitor Behavior Patterns in Community-Dwelling Senior Citizens in Singapore: Cross-Sectional Feasibility Study. *J Med Internet Res.* 10.2196/16854
- Reddy, M. A., Pradhan, B. K., Qureshi, D., Pal, S. K., & Pal, K. (2020). Internet-of-Things-Enabled Dual-Channel Iontophoretic Drug Delivery System for Elderly Patient Medication Management. *J Med Device.*, 10.1115/1.4045933.
- Dwivedi, R., Mehrotra, D., & Chandra, S. (2021). Potential of Internet of Medical Things (IoMT) applications in building a smart healthcare system: A systematic review. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*.
- Sadek, I., Antoine, D., Mounir, M. (2020). Internet of things for sleep tracking: wearables vs. nonwearables. *Health and technology* 333-340. <https://doi.org/10.1007/s12553-019-00318-3>.
- Sahu, K., Oetomo, A., Morita, P. (2020). Enabling Remote Patient Monitoring Through the Use of Smart Thermostat Data in Canada: Exploratory Study. *JMIR Mhealth Uhealth*.:e21016. [10.2196/21016](https://doi.org/10.2196/21016).
- Sahu, D. et al. The Internet of Things in Geriatric Healthcare. *Journal of healthcare engineering*. (2021). <https://doi.org/10.1155/2021/6611366>.
- Santana-Mancilla, P.C., Anido-Rifón, L.E., Contreras-Castillo, J., & Buenrostro-Mariscal, R. (2020). Heuristic Evaluation of an IoMT System for Remote Health Monitoring in Senior Care. *Int J Environ Res Public Health*. 10.3390/ijerph17051586.
- Stavropoulos, T. G., Papastergiou, A., Mpaltadoros, L., Nikolopoulos, S., & Kompatsiaris, I. (2020). IoT wearable sensors and devices in elderly care: A literature review. *Sensors*, 20(10), 2826.
- Trombini, M., Ferraro, F., Morando, M., Regesta, G., & Dellepiane, S. (2021). A Solution for the Remote Care of Frail Elderly Individuals via Exergames. *Sensors.*, <https://doi.org/10.3390/s21082719>.
- Tun, S. Y. Y., Samaneh, M., & Farhaan, M. (2021). Internet of things (IoT) applications for elderly care: a reflective review. *Aging clinical and experimental research* 33.4: 855-867. [10.1007/s40520-020-01545-9](https://doi.org/10.1007/s40520-020-01545-9).
- Wohlin, C., Runeson, P., Silveira Neto, P. A. M., Engström, E., Machado, I. C., Almeida, E. A. (2013). On the Reliability of Mapping Studies in Software Engineering. *Journal of Systems and Software*, 86(10), 2594 - 2610. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2013.04.076>