

Gerenciamento e armazenamento de dados de sensores para a avaliação da doença de Parkinson: Uma revisão

Daniel B. Candeira¹, Fábio Henrique M. Oliveira¹

¹Instituto Federal de Ciência, Tecnologia e Educação de Brasília (IFB), Campus Brasília – Brasil

daniel.candeira@estudante.ifb.edu.br, fabio.oliveira@ifb.edu.br

Abstract. *The increase of the population life expectancy caused, among other aspects, the increasing occurrence of neurodegenerative diseases, such as Parkinson's disease (PD). In this sense, to improve the population quality of life, remote health monitoring services sensor-enabled are becoming more common. However, there are still some challenges regarding managing and storing the large amounts of data collected by these sensors. To address solutions to the above challenges, this article performs a literature systematic mapping. Through the results obtained, we observed a small number of articles with specific details on the topic.*

Resumo. *O aumento da expectativa de vida da população levou, entre outros aspectos, ao crescimento da ocorrência de doenças neurodegenerativas, como a doença de Parkinson (DP). Nesse sentido, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida da população, os serviços remotos de monitoramento de saúde habilitados com sensores estão se tornando mais comuns. No entanto, ainda existem desafios quanto ao gerenciamento e armazenamento das grandes quantidades dos dados coletados por esses sensores. A fim de abordar soluções para os desafios citados anteriormente, neste artigo é feita um mapeamento sistemático de literatura. Através dos resultados obtidos, observou-se uma baixa quantidade de artigos com detalhes específicos sobre o tema.*

1. Introdução

O aumento da expectativa de vida trouxe como uma das consequências a elevação do número de pacientes diagnosticados com disfunções neuromotoras, doenças que afetam o sistema nervoso central, entre elas a doença de Parkinson (DP). É estimado que a DP afeta cerca de 7 a 10 milhões de pessoas no mundo, principalmente as acima de 60 anos [Perumal and Sankar 2016].

A DP é uma disfunção progressiva crônica do sistema nervoso central, que leva a um déficit na produção de neurotransmissores, causada pela perda de neurônios responsáveis por produzir a substância. A diminuição dessa, causa efeitos graves na rede neural localizada na espinha dorsal resultando em problemas de coordenação muscular, alteração da marcha, manutenção postural, etc. [Dickson and Grünewald 2004; Hallett 2008; Rossi et al. 1996].

Esse e outros aspectos levaram a um crescimento de serviços de saúde remotos, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida da população [C. F. Gomes et al. 2018]. Também conhecidos como *eHealth*, esses serviços possibilitam benefícios significantes

para as comunidades, tais como a prevenção de hospitalização desnecessária, a facilidade do cuidado pessoal, consultas remotas, etc. [Mohammadzadeh and Safdari 2018].

Contudo, ainda há desafios quanto a implementação de sistemas para atender a demanda desses serviços, como usabilidade e recursos financeiros, haja vista que esses sistemas devem ser de fácil entendimento para profissionais de saúde e pacientes, além de oferecerem baixo custo de manutenção [Blount et al. 2010].

A fim de resolver esses desafios, pesquisas voltadas para o uso de sensores na medicina estão aumentando [Nguyen et al. 2017], sensores baseados em Sistemas Microeletromecânicos (MEMS¹), tecnologia que integra componentes eletrônicos e mecânicos que podem ser utilizados para captação de sinais físicos [Ciuti et al. 2015].

Esses sensores possibilitam a quantificação e identificação dos sinais da DP de forma não invasiva. Atualmente, o diagnóstico da DP é puramente clínico, não havendo marcadores biológicos ou exames objetivos que indiquem a existência da doença ou sua evolução [Goetz et al. 2007].

O uso de sensores, principalmente inerciais, funcionam como uma abordagem efetiva para quantificar o tremor postural e de repouso, bem como a lentidão na realização de movimentos (bradicinesia) [Teshuva et al. 2019], sintomas associados a DP.

Os dados coletados possibilitam melhor compreensão do *status* (regressão ou progressão) da doença [Espay et al. 2016], provendo informações mais objetivas para os profissionais de saúde que se utilizam dessas para um diagnóstico com maior grau de precisão [Blount et al. 2010]. Por outro lado, essa grande coleta de dados trouxe consigo desafios quanto ao gerenciamento e armazenamento desses [Cooper et al. 2009].

Entre os principais desafios, podem ser citados a escalabilidade dos dados, que cresce exponencialmente de acordo com a quantidade de sensores utilizados, a heterogeneidade e integração, que devido a existência de diferentes formatos de dados torna-se mais complexa [Cooper et al. 2009].

Este artigo conduz um mapeamento sistemático a fim de fornecer uma visão geral a respeito dos tópicos, gerenciamento e armazenamento da variada e volumosa quantidade de dados de sensor, melhor entendendo as tecnologias usadas para esse propósito. Vale ressaltar, que não foram encontradas outras revisões focadas nesse tópico.

2. Método

Visando identificar as tecnologias mais adequadas para o gerenciamento e armazenamento de dados, neste trabalho é efetuada uma revisão de literatura.

2.1. Termos de Busca

Para este estudo, foram selecionados artigos utilizando palavras chave em publicações entre os anos de 2017 e 2019, utilizando as bases de dados *ScienceDirect* e *PubMed*. As palavras chave utilizadas foram, (*Sensor data*) AND (*management* OR

¹ Sigla em inglês, Micro-Electro-Mechanical Systems.

storage) AND (*remote health monitoring*) AND (*Parkinson's disease* OR *chronic neurological disorders*) no título e no abstract das publicações.

2.2. Critérios de Exclusão e Inclusão

Foram incluídos os artigos que atenderam aos critérios que seguem: (1) foram publicados entre os anos 2017 e 2019; (2) são tecnologias utilizadas para monitorar disfunções que afetam as funções motoras de pacientes; (3) lidam com gerenciamento e/ou armazenamento de dados de sensores; (4) possuem foco em arquiteturas de monitoramento de saúde remoto.

Quanto aos critérios de exclusão, foram excluídos (1) estudos não escritos na língua inglesa, (2) artigos completos não publicados, (3) documentos que não são artigos científicos, (4) trabalhos retornados que não especificam aplicação a DP. A Figura 1 detalha os passos percorridos para a seleção dos artigos utilizados nesta revisão.

A fim de filtrar os artigos, foi realizada uma busca das palavras chave selecionadas nos títulos e *abstracts* desses, caso encontradas o texto completo foi analisado utilizando os critérios de inclusão e exclusão.

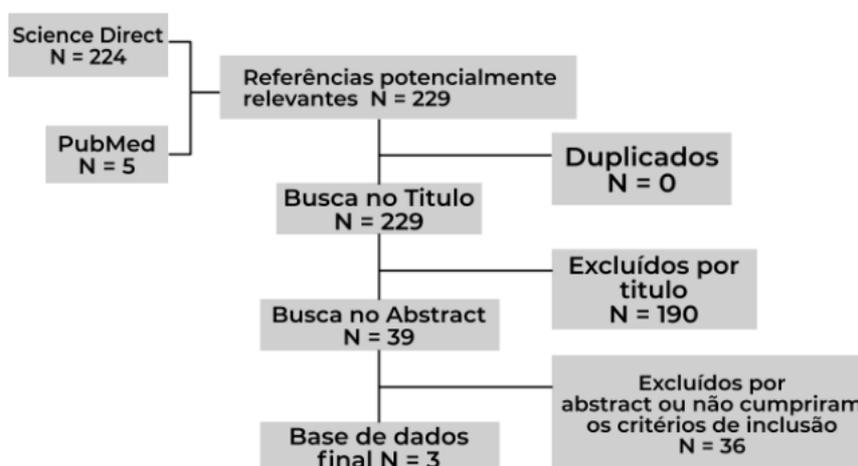


Figura 1. Procedimentos realizados para a seleção de arquivos para a revisão de literatura.

3. Resultados e Discussões

Por meio dos procedimentos de filtragem descritos na seção 2, foram selecionados os artigos que estão detalhados nessa seção, a fim de identificar os principais pontos que possam auxiliar na solução dos desafios encontrados quanto ao gerenciamento e armazenamento de dados de sensores no cenário de disfunções neuromotoras, em especial a Doença de Parkinson. A tabela 1 mostra uma visão geral dos artigos selecionados, sendo esses mais bem detalhados nas subseções 3.1, 3.2 e 3.3, que levam o título dos artigos analisados.

Tabela 1. Visão geral dos artigos que passaram no critério de inclusão e exclusão.

Autor/Ano	Sensores	Disfunção neuromotora	Armazenamento de dados	Pré-processamento de dados	
[Farahani et al. 2018]	Sensor flexível	Doença de Parkinson	Plataforma em nuvem (os autores não especificaram uma plataforma específica)	-	<p>Há um aumento de saúde centrados vista como um in</p> <p>Acerca da vast quantidade de autores dividem camada de rede névoa (<i>fog</i> ou <i>ea</i>) decisões sensiti plataforma em n os dados de múlt também realiza dados, além do usuário.</p> <p>Os dados estão : termos de varied</p>

Autor/Ano	Sensores	Disfunção neuromotora	Armazenamento de dados	Pré-processamento de dados	
[Nweke et al. 2019]	Acelerometro, giroscópio, magnetometro	Doença de Parkinson	-	Metodos de fusão: Média ponderada, filtragem de Kalman, teoria Dempster-Shafer, roteamento epidêmico, teoria baseada em gráficos, análise correlacionada canonica profunda.	<p>O uso de sistemas de classificadores implementados para reconhecimento de gestos para aumentar a robustez.</p> <p>Contudo, ainda se necessita de uma grande coleção de dados para a implementação e aprimoramento dos dados de sensores.</p>
[Milosevic and Farella 2017]	Acelerometro, giroscópio, magnetometro	Doença de Parkinson	-	Seleção de características com utilização da Filtragem de Kalman.	<p>As principais características são selecionadas por uma rede com o objetivo de processamento de dados para aplicação em ambientes de treinamento para pacientes com Parkinson para reabilitação e avaliação.</p>

3.1. Towards fog-driven IoT eHealth: Promises and challenges of IoT in medicine and healthcare

[Farahani et al. 2018] propõe uma solução baseada na Internet das “Coisas” (IoT²) multicamada, que lida com aquisição e processamento de dados, plataforma em nuvem e análise de *big data*. Na camada de dispositivo, dispositivos médicos inteligentes habilitam os indivíduos a monitorar os seus dados de saúde a qualquer momento por meio de computadores ou dispositivos móveis sincronizando os seus dados com a plataforma em nuvem.

Há também a camada de névoa (*fog*), que é responsável pelo pré-processamento de dados a fim de diminuir o envio de dados não essenciais para a plataforma em nuvem, e a camada de nuvem, é dividida em duas partes principais, conectividade e usuário. Sendo a primeira para o gerenciamento das interfaces de usuário, e a segunda para a comunicação entre a camada de névoa e a camada de nuvem.

A camada de nuvem é a responsável pelo gerenciamento de dados, utilizando diferentes protocolos (i.e., wifi, 3G/4G, etc.) para a realização da conexão com os dispositivos inteligentes, para disponibilização (i.e., REST API, WebSocket, etc.) e processamento de dados. Contudo, não há informações detalhadas quanto a modelagem de dados ou tecnologias para o armazenamento e organização dos dados coletados pelos sensores.

3.2. Data fusion and multiple classifier systems for human activity detection and health monitoring: Review and open research direction

Em [Nweke et al. 2019] é realizada uma revisão tendo foco no pré-processamento de dados e classificação. Nesse trabalho são utilizadas técnicas de fusão de dados, que envolvem a integração de dados de múltiplos dispositivos para aumentar a robustez, generalização e confiabilidade, diminuindo as incertezas de capturas com altas taxas de amostragem (indiretas).

Além do pré-processamento utilizando média ponderada, filtragem de Kalman dentre outras técnicas, também são identificados pontos fortes e fracos dos principais sensores, tais como giroscópio e acelerômetro, que reduzem os efeitos do ruído, oferecem informações complementares sobre o movimento, etc., porém não são capazes de detectar a postura do usuário em tempo real.

São citadas também, algumas técnicas de inteligência artificial para análise de dados (*support vector machine, artificial neural networks, naive bayes, etc.*) conduzindo uma combinação (fusão) de características com objetivo de identificar atividade humana. Porém, não foram encontrados detalhes relevantes quanto ao gerenciamento e armazenamento de dados.

3.3. Wireless MEMS for wearable sensor networks

[Milosevic and Farella 2017] propõe uma abordagem para monitoramento de movimento e postura de usuários com foco no hardware, onde uma unidade de

² Sigla em inglês, Internet of Things.

processamento central (CPU³) de um smartphone é a responsável por gerenciar os nós (diferentes tipos de sensores), processar os dados e rotear as informações corretas quando necessário.

Com objetivo de diminuir a dimensão dos dados, os autores utilizam uma extração de características com a filtragem de Kalman, sendo essa segundo os autores, a mais flexível para selecionar os aspectos de interesse a serem coletados. Assim como os demais artigos encontrados, não foram dadas informações específicas relativas ao armazenamento dos dados.

3.4. Discussões

Quanto ao gerenciamento e armazenamento de dados de sensores para a avaliação da DP, ou outras disfunções neuromotoras nos artigos selecionados, se observa a existência de poucas informações relevantes principalmente quanto ao armazenamento e modelagem dos dados coletados, o que pode estar diretamente relacionado a “recente” descoberta dos problemas ao lidar com a variedade, velocidade e volume dos dados atualmente [Farahani et al. 2018].

Outros fatores tais como a quantidade de anos definida pelos autores, ou ainda o afunilamento das palavras chaves com o foco na doença de Parkinson, *management* e *storage* podem ter contribuído para o pequeno número de trabalhos encontrados. Contudo, caso essas palavras não fossem utilizadas, o número de artigos com foco no *hardware* ou estudos que envolvem sensores apareceriam mais apesar de não tratarem do armazenamento ou gerenciamento de dados.

Sobre o gerenciamento, os artigos selecionados tiveram como foco os sensores para a coleta dos dados, investigando o agrupamento de múltiplos sensores em uma mesma aplicação a fim de melhorar a qualidade da coleta, e o pré-processamento de dados, utilizando diversos algoritmos de fusão ou seleção de característica dos dados, com objetivo de diminuir a dimensão dos dados antes de enviá-los para armazenamento.

Entre as vantagens da diminuição da dimensão dos dados, está a diminuição de variáveis, além de uma representação reduzida ou comprimida dos dados originais, contudo há a possibilidade da perda de dados [Han et al. 2012].

Outro aspecto a ser mencionado é a não padronização de dados, que dificulta o desenvolvimento de *frameworks* generalizados capazes de realizar reconhecimento de atividade motora humana [Jordao et al. 2018], segundo [Farahani et al. 2018] a complexidade da padronização encontra-se na tecnologia IoT, pois essa utiliza de variadas disciplinas que são reguladas por diferentes órgãos.

4. Conclusão

Após a análise dos artigos selecionados, puderam ser identificados principalmente a falta de informações quanto as tecnologias utilizadas para o armazenamento dos dados, com exceção a utilização de plataformas em nuvem que são citadas em [Farahani et al.

³ Sigla em inglês, Central Processing Unit.

2018] e em [Nweke et al. 2019], que possuem como principal benefício a facilidade de escalonamento [Yu et al. 2016].

Ademais, a fim de aprimorar a qualidade dos dados coletados por esse mapeamento sistemático, este estudo pode ser expandido considerando trabalhos publicados nos últimos 5 anos, explorar outras bases de pesquisa científica, além de realizar uma nuvem de palavras com objetivo de melhor selecionar as palavras chaves. Além do que foi descrito anteriormente, a segurança, a escalabilidade e a interoperabilidade dos dados, também podem ser o foco de pesquisas futuras.

5. Referências

- Blount, M., Batra, V. M., Capella, A. N., et al. (2010). Remote health-care monitoring using Personal Care Connect. *IBM Systems Journal*, v. 46, n. 1, p. 95–113.
- C. F. Gomes, T., C. Oliveira, E., C. Oliveira, L., et al. (2018). Aplicação de Realidade Virtual para Análise e Reabilitação de Pacientes com Doença de Parkinson.
- Ciuti, G., Ricotti, L., Menciacchi, A. and Dario, P. (2015). MEMS sensor technologies for human centred applications in healthcare, physical activities, safety and environmental sensing: A review on research activities in Italy. *Sensors (Switzerland)*, v. 15, n. 3, p. 6441–6468.
- Cooper, J., James, A. and Cooper Hildebrand, J. (2009). Challenges for Database Management in the Internet of Things Cooper J, James A - *IETE Tech Rev. IETE Technical Review*, v. 26, n. 5, p. 320–329.
- Dickson, J. M. and Grünewald, R. A. (2004). Somatic symptom progression in idiopathic Parkinson's disease. *Parkinsonism and Related Disorders*, v. 10, n. 8, p. 487–492.
- Espay, A. J., Bonato, P., Nahab, F. B., et al. (2016). Technology in Parkinson's disease: Challenges and opportunities. *Movement Disorders*, v. 31, n. 9, p. 1272–1282.
- Farahani, B., Firouzi, F., Chang, V., et al. (2018). Towards fog-driven IoT eHealth: Promises and challenges of IoT in medicine and healthcare. *Future Generation Computer Systems*, v. 78, p. 659–676.
- Goetz, C. G., Fahn, S., Martinez-Martin, P., et al. (2007). Movement disorder society-sponsored revision of the unified Parkinson's disease rating scale (MDS-UPDRS): Process, format, and clinimetric testing plan. *Movement Disorders*, v. 22, n. 1, p. 41–47.
- Hallett, M. (2008). Overview of Human Tremor Physiology. *Movement Disorders*, v. 13, n. S3, p. 43–48.
- Han, J., Kamber, M. and Pei, J. (2012). Data Preprocessing. *Data Mining*. Elsevier. p. 83–124.
- Jordao, A., Nazare, A. C., Sena, J. and Schwartz, W. R. (2018). Human Activity Recognition Based on Wearable Sensor Data: A Standardization of the State-of-the-Art. p. 1–11.
- Milosevic, B. and Farella, E. (2017). Wireless MEMS for wearable sensor networks. *Wireless MEMS Networks and Applications*. Elsevier. p. 101–127.

- Mohammadzadeh, N. and Safdari, R. (2018). Patient Monitoring in Mobile Health : Opportunities and Challenges Background : Methods : Results : Conclusions : v. 68, n. 1, p. 57–60.
- Nguyen, H. H., Mirza, F., Naeem, M. A. and Nguyen, M. (2017). A review on IoT healthcare monitoring applications and a vision for transforming sensor data into real-time clinical feedback. *Proceedings of the 2017 IEEE 21st International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, CSCWD 2017*, n. April, p. 257–262.
- Nweke, H. F., Teh, Y. W., Mujtaba, G. and Al-garadi, M. A. (2019). Data fusion and multiple classifier systems for human activity detection and health monitoring: Review and open research directions. *Information Fusion*, v. 46, n. June 2018, p. 147–170.
- Perumal, S. V. and Sankar, R. (2016). Gait and tremor assessment for patients with Parkinson’s disease using wearable sensors. *ICT Express*, v. 2, n. 4, p. 168–174.
- Rossi, B., Siciliano, G., Carboncini, M. C., et al. (1996). Muscle modifications in Parkinson’s disease: Myoelectric manifestations. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology - Electromyography and Motor Control*, v. 101, n. 3, p. 211–218.
- Teshuva, I., Hillel, I., Gazit, E., et al. (2019). Using wearables to assess bradykinesia and rigidity in patients with Parkinson’s disease: a focused, narrative review of the literature. *Journal of Neural Transmission*, v. 126, n. 6, p. 699–710.
- Yu, J., Kim, M., Bang, H. C., Bae, S. H. and Kim, S. J. (2016). IoT as a applications: cloud-based building management systems for the internet of things. *Multimedia Tools and Applications*, v. 75, n. 22, p. 14583–14596.