

MÉTODOS PARA ANÁLISE E PROCESSAMENTO DE SINAIS BIOMÉDICOS OBTIDOS POR SENSORES CAPACITIVOS SEM CONTATO APLICADOS À DOENÇA DE PARKINSON

Anelise Costa dos Santos[1]
Humberto Alves Mesquita[2]
Rodrigo Ortega Tierno[3]
Adriano de Oliveira Andrade[4]
Fábio Henrique Monteiro Oliveira[5]

RESUMO: Este trabalho apresenta uma proposta metodológica para organização, processamento e análise de dados biomédicos obtidos por sensores capacitivos sem contato aplicado ao estudo de sinais motores da doença de Parkinson (DP). O estudo descreve práticas de padronização, documentação e reprodutibilidade de dados biomédicos, incluindo organização de diretórios, sincronização temporal, segmentação de tarefas motoras e extração de características dos sinais. O conjunto de dados analisado é composto por 57 participantes, sendo 30 indivíduos diagnosticados com DP e 27 indivíduos hígidos, submetidos a tarefas motoras padronizadas envolvendo movimentos de mão e punho. Os sinais foram adquiridos por sensores capacitivos do tipo EPIC e sensores inerciais. Além da descrição da sequência metodológica, o trabalho aborda aspectos relacionados à reprodutibilidade científica, reutilização dos dados e aplicações em inteligência artificial na área da saúde.
Palavras-chave: Doença de Parkinson; sensores capacitivos; processamento de sinais biomédicos; ciência aberta; engenharia biomédica.

ABSTRACT: This work presents a methodological proposal for the organization, processing, and analysis of biomedical data obtained through non-contact capacitive sensors applied to the study of motor signals associated with Parkinson's disease (PD). The study describes practices related to standardization, documentation, and reproducibility of biomedical data, including directory organization, temporal synchronization, segmentation of motor tasks, and extraction of signal features. The analyzed dataset is composed of 57 participants, including 30 individuals diagnosed with PD and 27 healthy subjects, submitted to standardized motor tasks involving hand and wrist movements. Signals were acquired using EPIC capacitive sensors and inertial sensors. In addition to describing the methodological pipeline, the work discusses

[1]Mestranda em Engenharia Biomédica pela Universidade de Brasília (UnB). Integrante do Grupo de Pesquisa em Computação Aplicada (GPCA/IFB). E-mail: anelise.santos@aluno.unb.br
[2]Graduando em Engenharia de Computação pela Universidade de Brasília (UnB). Integrante do Grupo de Pesquisa em Computação Aplicada (GPCA/IFB). E-mail: humbertoalvesti@gmail.com
[3]Mestrando em Engenharia Biomédica pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Integrante do Grupo de Pesquisa em Computação Aplicada (GPCA/IFB). E-mail: rodrigotierno.dev@gmail.com
[4]Doutor em Engenharia Biomédica. Docente da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e coordenador do Núcleo de Inovação e Avaliação Tecnológica em Saúde (NIATS/UFU). E-mail: adriano@ufu.br
[5]Doutor em Engenharia Biomédica. Docente do Instituto Federal de Brasília (IFB) e coordenador do Grupo de Pesquisa em Computação Aplicada (GPCA/IFB). E-mail: fabio.oliveira@ifb.edu.br

scientific reproducibility, data reuse, and future applications involving artificial intelligence applied to healthcare.
Keywords: Parkinson's disease; capacitive sensors; biomedical signal processing; open science; biomedical engineering.

1 Introdução

A doença de Parkinson (DP) é um distúrbio neurodegenerativo progressivo caracterizado principalmente por alterações motoras, incluindo tremor de repouso, rigidez muscular, bradicinesia e instabilidade postural (Goetz, 2008). Além das manifestações motoras, a doença também apresenta sintomas não motores que impactam significativamente a qualidade de vida dos pacientes.

Atualmente, o acompanhamento clínico da DP é realizado por meio de escalas clínicas padronizadas, como a Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS) e sua versão revisada pela Movement Disorder Society (MDS-UPDRS) (GOETZ, 2008). Segundo Soares *et al*. (2025), a escala MDS-UPDRS tornou-se uma das principais referências internacionais para avaliação clínica da progressão da doença.

Apesar da ampla utilização clínica, essas avaliações ainda dependem da interpretação do examinador e da percepção subjetiva do paciente. Nesse contexto, sensores biomédicos vêm sendo estudados como ferramentas auxiliares para aquisição objetiva de sinais motores relacionados à DP. Segundo Garcia-Agundez e Eickhoff (2021), sensores sem contato apresentam potencial para quantificação objetiva de tremores e bradicinesia em aplicações relacionadas à doença de Parkinson. Os autores destacam o crescimento de tecnologias voltadas ao monitoramento motor não invasivo e à caracterização quantitativa de movimentos humanos.

Oliveira (2021) desenvolveu um sistema baseado em sensores capacitivos sem contato para avaliação de tarefas motoras de mão e punho em indivíduos hígidos e pessoas com DP. O sistema utiliza sensores capacitivos do tipo EPIC, fabricados pela Plessey Semiconductors, para aquisição de sinais biomédicos associados ao movimento humano, permitindo a análise quantitativa de tarefas de mão e punho. Os experimentos realizados envolveram movimentos padronizados de mão e punho executados por 57 participantes, sendo 30 indivíduos diagnosticados com DP e 27 indivíduos hígidos (Oliveira, 2021). Posteriormente, os dados experimentais e a documentação metodológica foram disponibilizados em repositório científico gerenciado pelo Núcleo de Inovação e Avaliação Tecnológica em Saúde (NIATS - UFU) em parceria com Grupo de Pesquisa em Computação Aplicada (GPCA - IFB) pelo

trabalho de Tierno *et al*. (2025), contribuindo para iniciativas de ciência aberta e reprodutibilidade científica.

2 Referencial teórico

2.1 Doença de Parkinson e avaliação motora

A doença de Parkinson (DP) é caracterizada pela degeneração progressiva de neurônios dopaminérgicos, comprometendo principalmente funções motoras relacionadas ao controle do movimento, equilíbrio e coordenação motora. Entre os principais sintomas motores observados estão tremor de repouso, rigidez muscular, bradicinesia e instabilidade postural (Goetz et al., 2008).

O acompanhamento clínico da progressão da doença é frequentemente realizado por meio da Movement Disorder Society – Unified Parkinson's Disease Rating Scale (MDS-UPDRS), considerada uma das principais escalas clínicas para avaliação motora e funcional de indivíduos com DP (Goetz et al., 2008). Segundo Soares et al. (2025), a MDS-UPDRS tornou-se uma referência internacional para avaliação clínica da severidade dos sintomas motores e não motores associados à doença.

Entre as tarefas motoras utilizadas pela escala destacam-se movimentos relacionados ao punho e às mãos, incluindo tarefas de abertura e fechamento da mão, pronação e supinação, além de movimentos repetitivos utilizados na avaliação da bradicinesia. Garcia-Agundez e Eickhoff (2021) destacam que tarefas relacionadas ao *finger tapping* e movimentos repetitivos das mãos apresentam forte relação com a quantificação objetiva de sintomas motores associados à DP.

Apesar da ampla utilização clínica da MDS-UPDRS, avaliações baseadas exclusivamente na observação visual podem apresentar subjetividade e variabilidade entre avaliadores. Nesse contexto, sensores biomédicos são investigados como ferramentas auxiliares para aquisição quantitativa de sinais motores relacionados à DP.

2.2 Sensores capacitivos sem contato

Sensores capacitivos sem contato permitem detectar variações em campos elétricos produzidos pela movimentação da mão, possibilitando aquisição de sinais biomédicos sem necessidade de contato físico direto com o participante. Esse tipo de tecnologia tem sido

investigado como alternativa para avaliação motora objetiva em indivíduos com DP (Oliveira et al., 2021).

Segundo Oliveira et al. (2021), sensores capacitivos baseados na tecnologia EPIC foram utilizados para registrar sinais relacionados ao movimento do punho durante tarefas motoras experimentais. De acordo com os autores, os sensores foram posicionados próximos à mão dos participantes, permitindo aquisição de sinais associados à movimentação executada durante o protocolo experimental.

O conjunto de dados disponibilizado por Oliveira, Ortega Tierno e Andrade (2026) em parceria com o NIATS/UFU utiliza dois sistemas distintos de aquisição denominados NCC (*Non-Contact Capacitive Sensing*) e TREMSEN. O sistema NCC, associado à patente BR2020180698643, intitulada "Sistema para avaliação de sinais motores da doença de Parkinson", registra sinais provenientes dos sensores capacitivos sem contato. Já o sistema TREMSEN, relacionado à patente BR1020140229493, intitulada "Luva instrumentada e órtese ativa para a quantificação e atenuação do tremor humano", permite aquisição simultânea de sinais eletromiográficos e sinais inerciais provenientes de sensores como acelerômetro, giroscópio e magnetômetro (Andrade, 2021). Os sinais do sistema NCC são organizados em arquivos contendo informações temporais, status da bateria, sinais provenientes dos sensores capacitivos sem contato e marcadores digitais utilizados para identificação do início e fim dos experimentos. Esses sinais representam variações elétricas associadas ao movimento da mão durante a execução das tarefas motoras experimentais.

Já o sistema TREMSEN (*Precise Tremor Sensing Technology*), patenteado sob o registro BR 10 2014 023282 6, foi utilizado para aquisição e visualização em tempo real de sinais inerciais e eletromiográficos relacionados aos movimentos da mão e do punho. O sistema emprega unidades de medição inercial triaxiais (Inertial Measurement Units – IMUs), compostas por giroscópio, acelerômetro e magnetômetro integrados, permitindo aquisição simultânea de informações relacionadas à aceleração linear, velocidade angular e orientação espacial dos movimentos executados pelos participantes (Andrade et al., 2020).

Segundo Andrade et al. (2020), os sensores utilizados no TREMSEN apresentam baixo consumo energético, dimensões reduzidas e capacidade de integração em dispositivos vestíveis voltados ao monitoramento de tremores e sinais motores relacionados à Doença de Parkinson. Os sinais foram adquiridos com frequência de amostragem de 50 Hz e digitalizados por conversor analógico-digital de 12 bits.

As unidades inerciais triaxiais permitem avaliação simultânea dos movimentos nos eixos X, Y e Z, favorecendo análises quantitativas relacionadas à caracterização motora,

identificação de tremores e extração de parâmetros cinemáticos associados às tarefas motoras executadas durante o protocolo experimental.

As Tabelas 1 e 2 apresentam a estrutura dos principais sinais adquiridos pelos sistemas NCC e TREMSEN durante o protocolo experimental.

Tabela 1 – Estrutura dos sinais adquiridos pelo sistema NCC

Nome	**Descrição**	**Unidade**
u_time	Tempo	µs
battery_status	Status da bateria	tensão (V)*
v1	Dados coletados pelo sensor v1 (eixo x)	tensão (V)*
v2	Dados coletados pelo sensor v2 (eixo y)	tensão (V)*
analog_pulse_input_a	Dados da porta analogica A	tensão (V)*
digital_input_a	Dados da porta digital A (indica o início e fim do experimento marcado manualmente por um colaborador)	binário
digital_input_b	Dados da porta digital B	binário

* Dado a ser convertido a partir do fundo de escala do conversor AD em função do seu número de bits (*i.e.*, 12 bits).

Fonte: resultados originais da pesquisa.

Tabela 2 – Estrutura dos sinais adquiridos pelo sistema TREMSEN

Nome	**Descrição**	**Unidade**
Time	Tempo desde o início do experimento	Segundos
[G1.X] [G1.Y] [G1.Z] [G2.X] [G2.Y] [G2.Z] [G3.X] [G3.Y] [G3.Z] [G4.X] [G4.Y] [G4.Z]	Sinais provenientes dos giroscópios nos eixos X, Y e Z representando a velocidade angular	°/s
[A1.X] [A1.Y] [A1.Z] [A2.X] [A2.Y] [A2.Z] [A3.X] [A3.Y]	Sinais provenientes dos acelerômetros nos eixos X, Y e Z	g

Nome	Descrição	Unidade
[A3.Z] [A4.X] [A4.Y] [A4.Z]		
[M1.X] [M1.Y] [M1.Z] [M2.X] [M2.Y] [M2.Z] [M3.X] [M3.Y] [M3.Z] [M4.X] [M4.Y] [M4.Z]	Sinais provenientes dos magnetômetros nos eixos X, Y e Z	Gauss
EMG1 e EMG2	Sinais do provenientes do sensor de eletromiografia*	mV*
[PULSE A] [PULSE B]	Marcadores de início e fim da coleta, por meio do gatilho pressionado pelo pesquisador no início e fim das atividades.	binário

* Sensor não empregado neste trabalho.

Fonte: resultados originais da pesquisa.

3 Metodologia

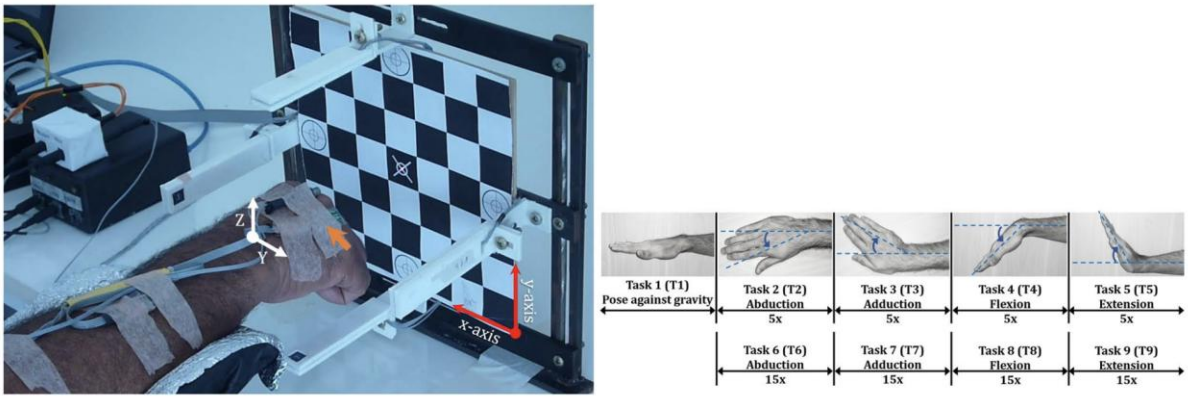
Este trabalho foi desenvolvido a partir do conjunto de dados disponibilizado pelo repositório Zenodo[1] (Oliveira; Ortega Tierno; Andrade, 2026). O estudo concentra-se na organização, processamento e análise de sinais biomédicos obtidos por sensores capacitivos sem contato aplicados à caracterização de movimentos de indivíduos hígidos e pessoas diagnosticadas com DP.

O conjunto de dados analisado é composto por sinais de movimentos obtidos de 57 participantes, sendo 30 indivíduos diagnosticados com DP e 27 indivíduos hígidos, submetidos a tarefas motoras padronizadas envolvendo movimentos de mão e punho. Os sinais foram obtidos pelos sistemas NCC e TREMSEN simultaneamente conforme ilustra a Figura 1 Os dados foram coletados durante a tese de doutorado de Oliveira (2020) e no trabalho de Oliveira et al. (2021), anonimizados seguindo o protocolo de Tierno *et al*. (2025) e publicados no repositório Zenodo conforme previsto no Comitê de Ética em Pesquisa da UFU (CAAE 77752723.9.0000.5152).

[1] O Zenodo é uma plataforma científica de acesso aberto voltada ao armazenamento, compartilhamento e preservação de dados de pesquisa, permitindo a disponibilização pública de conjuntos de dados, documentação metodológica e políticas relacionadas ao uso ético das informações científicas.

A Figura 1 ilustra a configuração experimental e as atividades realizadas pelos participantes da pesquisa que originou os dados. O giroscópio triaxial e o ponto de laser foram posicionados na região dorsal da mão, enquanto o antebraço permaneceu apoiado em um suporte durante todo o experimento para minimizar movimentos indesejados. Um painel quadriculado foi utilizado para orientar a execução das tarefas motoras. A figura também apresenta o conjunto de atividades realizadas no protocolo experimental, bem como o respectivo número de repetições de cada tarefa.

Figura 1 – Configuração do experimento e atividades realizadas pelos participantes da pesquisa durante o protocolo de aquisição de dados.



Fonte: adaptado de Oliveira et al. (2021).

Os sinais analisados incluem:

- sinais capacitivos sem contato, obtidos pelo sistema NCC;
- sinais inerciais provenientes de giroscópio, acelerômetro e magnetômetro, obtidos pelo sistema TREMSEN;
- marcadores temporais das tarefas motoras;
- sinais auxiliares para sincronização experimental.

Os arquivos encontram-se organizados em formatos .csv, .txt e .edf, permitindo compatibilidade com ferramentas computacionais voltadas ao processamento de sinais biomédicos.

3.1 Sequência de processamento dos sinais biomédicos

O processamento dos sinais biomédicos foi estruturado em etapas relacionadas à organização, sincronização e análise dos dados obtidos durante os experimentos. A sequência metodológica contempla etapas relacionadas à leitura dos arquivos, filtragem, sincronização

com marcadores de tarefa e extração de características associadas aos movimentos executados pelos participantes.

No repositório dos dados analisados nesta pesquisa encontram-se disponíveis os arquivos experimentais anonimizados, o formulário para solicitar acesso aos dados juntamente com o termo de compromisso ético e orientações para reutilização dos dados. O trabalho de TIERNO et. al. (2025) detalha o protocolo utilizado para anonimizar os sinais originais, como requisito para o cumprimento de normas do Comitê de Ética em Pesquisa da UFU na divulgação de dados coletados em pesquisas com seres humanos.

3.2 Processamento e sincronização dos sinais biomédicos

O processamento dos sinais seguiu a sequência metodológica, contemplando etapas de:

a) leitura dos arquivos;

b) filtragem;

c) sincronização temporal;

d) segmentação das tarefas motoras;

e) extração de características temporais e espectrais;

f) organização para análise computacional.

Os sinais foram processados utilizando *scripts* desenvolvidos em linguagem Python no formato de cadernos interativos (*Jupyter Notebooks*, arquivos .ipynb), executados localmente no ambiente de desenvolvimento Visual Studio Code (VS Code). Essa abordagem permitiu a execução sequencial, modular e o ajuste fino das etapas de filtragem, sincronização, segmentação e extração de características dos sinais biomédicos. O início e o fim das coletas foram marcados com os campos “digital_input_a” e “digital_input_b” referentes ao gatilho pressionado pelo pesquisador durante a coleta. Após filtrar apenas o sinal de interesse, os valores digitais dos sinais foram convertidos para tensão em volts. Para estabilizar a linha de base, o componente DC foi removido por meio de um filtro de média móvel, para a centralização do sinal em zero. Em seguida, para extrair o envelope do sinal (*i.e.*, a curva que acompanha as variações de amplitude) da portadora de 60 Hz via transformada de Hilbert, o sinal foi suavizado por um filtro passa-faixa Butterworth de quarta ordem. Com o envelope superior extraído, o qual corresponde ao contorno dos picos máximos positivos do sinal, o sinal

deve ser sincronizado com os intervalos das atividades para permitir a extração de características.

Para assegurar que as janelas de atividade estão corretas, a primeira atividade de movimento é detectada através de uma função customizada baseada em limiares. Esta função calcula o desvio padrão do sinal, e define um limiar para o sinal que será considerado como movimento intencional, evitando assim que movimentos involuntários interfiram na caracterização das atividades. Após a definição desta janela, o ruído inicial da coleta é descartado e a sincronização das demais janelas é efetivada.

A sincronização foi realizada utilizando marcadores digitais e sinais sonoros (*beeps*) presentes durante a execução do protocolo experimental. Posteriormente, os sinais foram segmentados conforme as tarefas motoras executadas pelos participantes. Cada segmento corresponde a uma janela temporal específica associada às atividades do protocolo experimental, permitindo uma análise individualizada dos movimentos realizados.

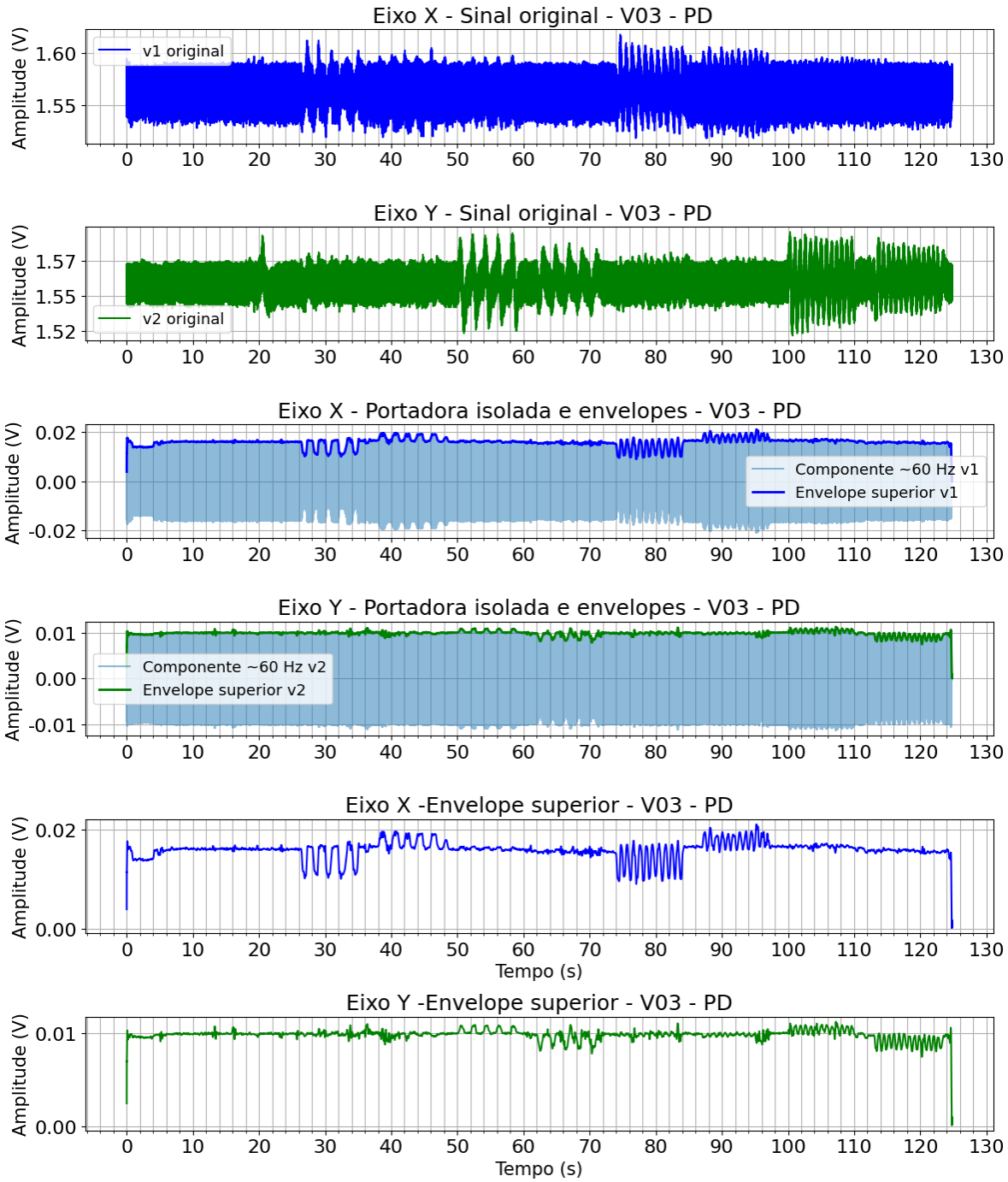
As etapas metodológicas adotadas neste trabalho buscam garantir reprodutibilidade científica e padronização do processamento dos sinais biomédicos, favorecendo futuras aplicações relacionadas ao aprendizado de máquina e inteligência artificial aplicada à saúde.

4 Resultados e discussão

No conjunto de dados analisado, a utilização simultânea de sensores capacitivos sem contato e sinais provenientes do giroscópio triaxial permitiu aquisição multimodal dos movimentos executados pelos participantes, o que favorece futuras aplicações relacionadas à classificação de padrões motores.

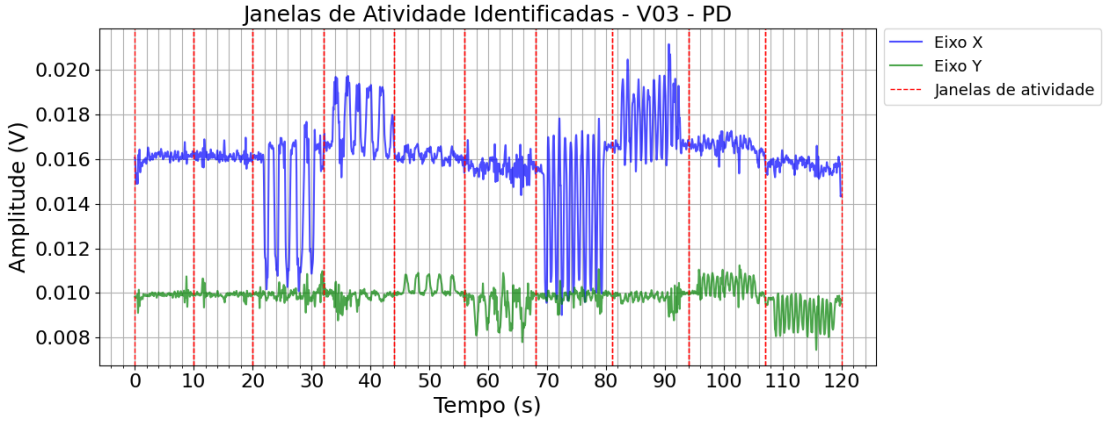
A sequência metodológica descrita neste trabalho também contribui para padronização das etapas de processamento dos sinais biomédicos. A utilização de marcadores temporais, sincronização por sinais sonoros e segmentação baseada nas tarefas T1–T9 permite maior controle experimental e organização dos dados para análises futuras. As Figuras 2, 3 e 4 ilustram os resultados obtidos em cada etapa da cadeia de processamento aplicada aos sinais adquiridos pelo sistema NCC.

Figura 2 – Resultado da sequência de processamento dos sinais biomédicos. Na imagem, observa-se a extração do envelope superior do sinal capacitivo.



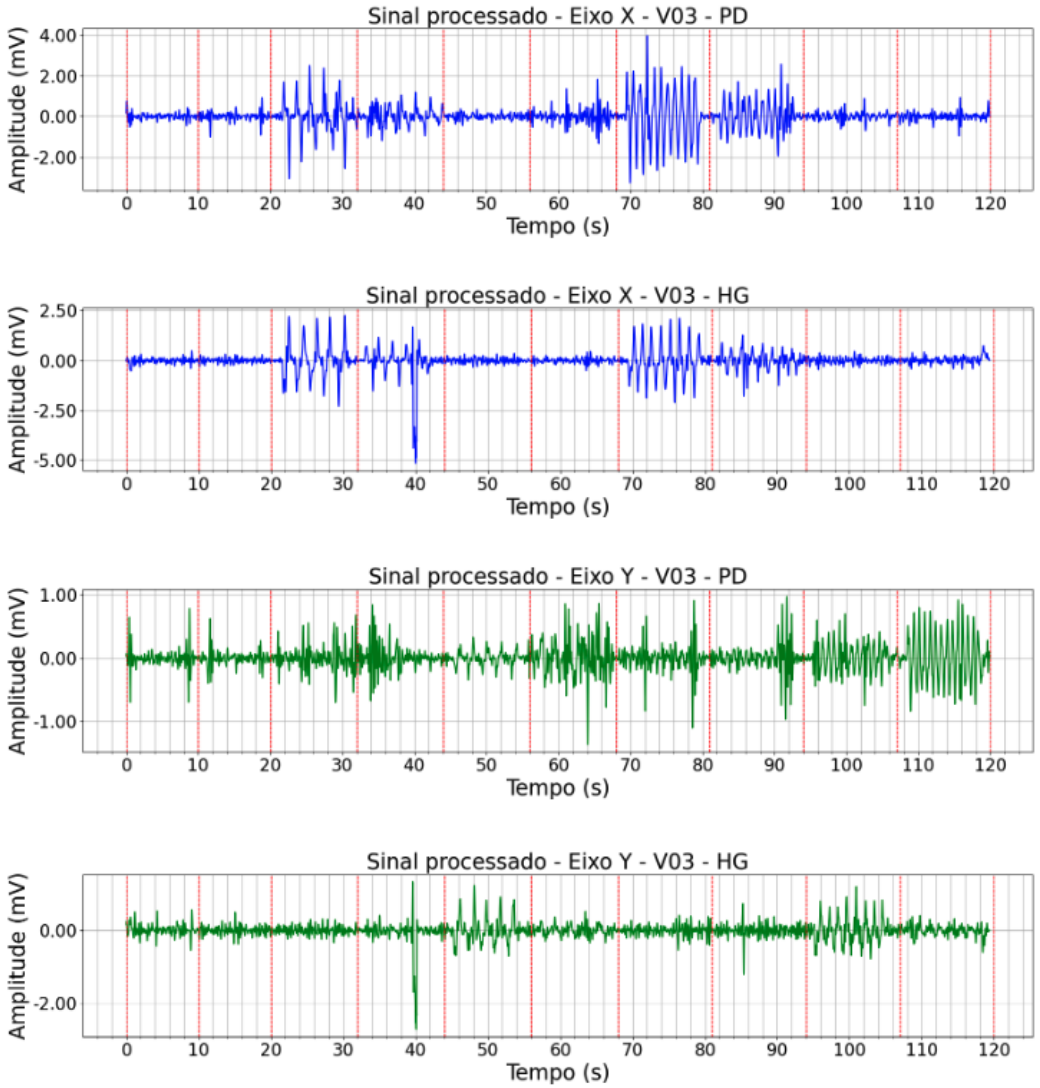
Fonte: resultados originais da pesquisa.

Figura 3 – Sincronização temporal das atividades motoras



Fonte: resultados originais da pesquisa.

Figura 4 – Sinais após a etapa de processamento e filtragem para um participante com doença de Parkinson (PD) e um participante hígido (HG). As linhas tracejadas em vermelho indicam a delimitação das tarefas realizadas durante o protocolo experimental.



Fonte: resultados originais da pesquisa.

A Figura 2 representa a extração do envelope superior do sinal capacitivo após aplicação da transformada de Hilbert e filtragem Butterworth, o qual delineia o contorno das amplitudes máximas positivas e isola a dinâmica real do movimento frente às oscilações da portadora. O trecho na Figura 3 apresenta a sincronização temporal das tarefas motoras com base nos marcadores digitais e sinais sonoros do protocolo experimental. Já na Figura 4 observa-se o sinal final segmentado, utilizado para a posterior extração de características relacionadas ao movimento dos participantes. Para fins de contextualização clínica e comparativa, são apresentados os sinais pareados por idade e sexo de um indivíduo hígido (HG) e de um participante com DP. O voluntário com DP encontrava-se no estágio 2 da escala Hoehn e Yahr, apresentando um escore de 35 pontos na escala MDS-UPDRS Parte III, o que caracteriza um comprometimento motor bilateral de intensidade moderada. Os padrões observados representam as oscilações associadas às atividades motoras executadas durante o protocolo experimental, delimitadas pelas linhas tracejadas verticais. Na comparação entre as séries temporais, nota-se que o sinal do participante com DP exibe flutuações de amplitude e tremores mais acentuados ao longo das tarefas, além de atividade residual nos períodos de repouso, contrastando com o perfil de sinal mais regular e atenuado apresentado pelo indivíduo hígido.

Entretanto, apesar dos resultados obtidos, ainda existem desafios relacionados à padronização metodológica como a redução de ruídos e validação clínica em larga escala. Estudos recentes sobre sensores sem contato aplicados à doença de Parkinson indicam a necessidade de ampliação do número de participantes e explorar novas abordagens computacionais voltadas à classificação automática dos sinais motores.

Nesse contexto, o conjunto de dados analisado neste trabalho apresenta potencial para futuras aplicações envolvendo:

- aprendizado de máquina;
- classificação automática de movimentos;
- biomarcadores digitais;
- análise espectral;
- identificação de padrões motores associados à doença de Parkinson.

5 Conclusão

Este trabalho apresentou uma proposta metodológica voltada à organização, processamento e análise de sinais biomédicos obtidos por sensores capacitivos sem contato aplicados à doença de Parkinson.

O estudo descreve aspectos relacionados à estrutura do conjunto de dados, sistemas de aquisição, sincronização experimental, segmentação das tarefas motoras e sequência de processamento dos sinais biomédicos. Além disso, foram apresentadas práticas relacionadas à ciência aberta e reprodutibilidade científica por meio da disponibilização pública do conjunto de dados e da documentação metodológica associada.

A organização metodológica proposta neste trabalho busca contribuir para futuras pesquisas em Engenharia Biomédica, processamento de sinais biomédicos e inteligência artificial aplicada à saúde, favorecendo o desenvolvimento de métodos computacionais voltados à caracterização objetiva de movimentos humanos.

Como trabalhos futuros, destacam-se aplicações envolvendo:

- classificação automática de sinais motores;
- estudo relacionado a extração características dos sinais;
- aprendizado de máquina;
- biomarcadores digitais;
- integração entre sensores capacitivos e modelos computacionais de apoio à avaliação clínica.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (444437/2024-0, 442150/2023-7 e 405365/2023-3), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG APQ-05015-24) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF, Edital nº 09/2023 - Demanda Espontânea, Processo nº 00193-00002192/2023-37). AOA (302942/2022-0) é bolsista do CNPq.

Referências bibliográficas

ANDRADE, Adriano de Oliveira et al. **Luva instrumentada e órtese ativa para a quantificação e atenuação do tremor humano**. BR102014022949-3. Depositante: Universidade Federal de Uberlândia. Depósito: 18 set. 2014. Concessão: 12 jan. 2021.

ANDRADE, Adriano de Oliveira et al. Task-specific tremor quantification in a clinical setting for Parkinson's disease. **Journal of Medical and Biological Engineering**, v. 40, n. 6, p. 821–850, 2020. DOI: 10.1007/s40846-020-00576-x.

GARCIA-AGUNDEZ, A.; EICKHOFF, C. Towards objective quantification of hand tremors and bradykinesia using contactless sensors: a systematic review. **Frontiers in Aging Neuroscience**, v. 13, 2021. DOI: 10.3389/fnagi.2021.716102.

GOETZ, Christopher G. et al. Movement Disorder Society-sponsored revision of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale (MDS-UPDRS): Scale presentation and clinimetric testing results. **Movement Disorders**, v. 23, n. 15, p. 2129–2170, 2008. DOI: 10.1002/mds.22340.

OLIVEIRA, Fábio Henrique M. **Objective assessment of motor symptoms of Parkinson's disease through non-contact sensors**. 2020. Tese (Doutorado em Engenharia Biomédica) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020. DOI: 10.14393/ufu.te.2020.363.

OLIVEIRA, Fábio Henrique M. et al. A non-contact system for the assessment of hand motor tasks in people with Parkinson's disease. **SN Applied Sciences**, v. 3, n. 1, 2021. DOI: 10.1007/s42452-020-04001-5.

OLIVEIRA, Fábio Henrique M.; TIERNO, Rodrigo Ortega; ANDRADE, Adriano de Oliveira. **Database on the use of non-contact capacitive sensors for characterizing the movement of people with Parkinson's disease** [conjunto de dados]. Zenodo, 2026. DOI: 10.5281/zenodo.15975201.

SOARES, Tiago et al. Validation of the Portuguese MDS-UPDRS: Challenges to Obtain a Scale Applicable to Different Linguistic Cultures. **Movement Disorders Clinical Practice**, v. 12, n. 1, p. 34–42, 2025. DOI: 10.1002/mdc3.14236.

TIERNO, Rodrigo Ortega et al. Protocol for anonymizing data collected in scientific research: biomedical signals, videos, and qualitative data. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA (SEB), 16., 2025, Uberlândia. **Anais [...].** Uberlândia: SEB, 2025. DOI: 10.5281/zenodo.17363434.