



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALAGOAS
CAMPUS MACEIÓ
CURSO DE BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

MAYARA RYSIA DE ASSIS LIMA

**ANÁLISE DO MONITORAMENTO DOS SINAIS MOTORES DA
DOENÇA DE PARKINSON: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

**MACEIÓ, AL
2023**

MAYARA RYSIA DE ASSIS LIMA

ANÁLISE DO MONITORAMENTO DOS SINAIS
MOTORES DA DOENÇA DE PARKINSON: UMA
REVISÃO SISTEMÁTICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de graduação em Sistemas de Informação do Instituto Federal de Alagoas, *Campus* Maceió, como requisito parcial para obtenção de grau de Bacharel em Sistemas de Informação.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Melo de Medeiros

MACEIÓ, AL
2023



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal de Alagoas
Campus Maceió
Biblioteca Benevides Monte

-
- L732a Lima, Mayara Rysia de Assis.
Análise do monitoramento dos sinais motores da doença de Parkinson :
uma revisão sistemática / Mayara Rysia de Assis Lima. – Maceió, 2023.
43 f. : il.
- Orientação: Prof. Dr. Leonardo Melo de Medeiros.
Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Sistemas de Informação)
- Instituto Federal de Alagoas, Campus Maceió. Maceió, 2023.
- Arquivo no formato digital em PDF do trabalho acadêmico.
1. Doença de Parkinson. 2. Revisão sistemática de literatura. 3. Monito-
ramento dos sinais motores. I. Título.

CDD: 005.12

Nalva Maria Amaral
Bibliotecária – CRB-4/989

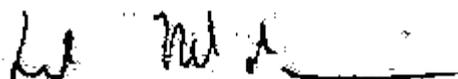
MAYARA RYSIA DE ASSIS LIMA

ANÁLISE DO MONITORAMENTO DOS SINAIS MOTORES DA DOENÇA DE PARKINSON: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

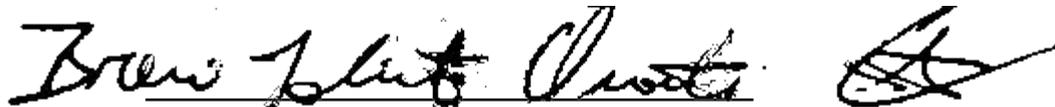
A banca examinadora, abaixo listada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso “ANÁLISE DO MONITORAMENTO DOS SINAIS MOTORES DA DOENÇA DE PARKINSON: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA” elaborado por “MAYARA RYSIA DE ASSIS LIMA” como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Sistemas de Informação, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas.

Maceió, AL, 31/05/2023

Comissão Examinadora



Prof. Dr. Leonardo Melo de Medeiros
IFAL
(Orientador)



Prof. Me. Breno Jacinto D. da Costa
IFAL



Prof. Dr. Frederico Salgueiro Passos
IFAL

Dedico este trabalho a minha avó Josefa Assis (*in memoriam*), por sempre ter feito parte da minha vida, pela sabedoria do incentivo aos estudos e à leitura, por todo amor e empenho em ajudar meus pais a me oferecer acesso a educação formal.

Agradecimentos

- Ao Deus Triúno, por me suster em todas as áreas da minha vida.
- Agradeço especialmente ao meu marido Jonatha, por todo apoio, força e compreensão para seguir em frente na graduação de cunho federal.
- Aos meus pais Rita e Antônio, por terem me educado à sua maneira para que um dia eu pudesse chegar até aqui.
- Agradeço a minha irmã Mariana pela força para seguir adiante no TCC.
- Agradeço também ao meu orientador Dr. Leonardo Medeiros por toda paciência e incentivo na construção desse trabalho.
- Agradeço aos professores da coordenação do curso de Sistemas de Informação que direta ou indiretamente contribuíram para a minha formação acadêmica.

“Deus é nossa proteção e nossa força, auxílio sempre presente ante os infortúnios” (Bíblia Hebraica, Sl 46:2).

ANÁLISE DO MONITORAMENTO DOS SINAIS MOTORES DA DOENÇA DE PARKINSON: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Resumo

A Doença de Parkinson (DP) é uma doença crônica degenerativa que causa uma desordem motora afetando as tarefas de rotina do indivíduo e desestabilizando a sua qualidade de vida. Os sinais motores mais notáveis compõem uma tétrade: rigidez, bradicinesia, alterações posturais e da marcha, e tremor de repouso. Dessa forma, o exame médico requer uma avaliação dos movimentos motores salientando a velocidade, a amplitude e o ritmo de cada movimento, a fim de monitorar os sintomas e aprimorar o diagnóstico clínico. Com o intuito de distinguir melhorias ou evoluções da DP, os métodos de avaliações motoras se tornam cada vez mais indispensáveis, e na literatura, é encontrado sistemas ou mecanismos de quantificação desses sintomas, sendo o mais recorrente, para os sinais da bradicinesia, auxiliados pelo teste de habilidade mais conhecido, o *Finger-Tapping Test* (FTT). Contudo, nenhum deles ainda consegue comprovar um diagnóstico definitivo, valendo-se portanto, da interpretação de um neurologista. Esta pesquisa, apresenta uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) com artefatos acadêmicos produzidos, que demonstram dados relevantes sobre os movimentos motores e sua quantificação, usando em sua maioria, a escala MDS-UPDRS parte III como guia, a fim de extrair um conjunto de requisitos a ser desenvolvido em um sistema de monitoramento do avanço dos indícios motores do Parkinson, utilizando o teste de batida dos dedos (FTT) como técnica. Como resultado, a RSL objetivou identificar as técnicas e abordagens mais atuais que quantificam as avaliações motoras, além de, esclarecer se esses métodos demonstram interferência positiva no processo de avaliação com a técnica FTT.

Palavras-chave: Doença de Parkinson. Revisão sistemática. Análise de requisitos. Sinais motores.

ANALYSIS OF THE MONITORING OF MOTOR SIGNS IN PARKINSON'S DISEASE: A SYSTEMATIC REVIEW

Abstract

Parkinson's Disease (PD) is a chronic degenerative disease that causes a motor disorder affecting the individual's routine tasks and destabilizing their quality of life. The most notable motor signs make up a tetrad: rigidity, bradykinesia, postural and gait changes, and resting tremor. Thus, the medical examination requires an assessment of motor movements, emphasizing the speed, amplitude and rhythm of each movement, in order to monitor the symptoms and improve the clinical diagnosis. In order to distinguish improvements or evolutions of PD, motor assessment methods become increasingly indispensable, and in the literature, systems or mechanisms for quantifying these symptoms are found, the most recurrent being for the signs of bradykinesia, aided by the most well-known skill test, the *Finger-Tapping Test* (FTT). However, none of them is yet able to prove a definitive diagnosis, therefore relying on the interpretation of a neurologist. This research presents a Systematic Literature Review (SLR) with academic artifacts produced, which demonstrate relevant data on motor movements and their quantification, using mostly the MDS UPDRS part III scale as a guide, in order to extract a set of requirements to be developed in a system for monitoring the progress of Parkinson's motor signs, using the finger tapping test (FTT) as a technique. As a result, the RSL aimed to identify the most current techniques and approaches that quantify motor assessments, in addition to clarifying whether these methods demonstrate positive interference in the assessment process with the FTT technique.

Keywords: Parkinson's disease. Systematic review. Requirements analysis. Motor signals.

Lista de figuras

Figura 1 – Fluxograma de estudos para revisão	25
Figura 2 – Movimento de bater os dedos da mão (pinça)	36
Figura 3 – Movimento das mãos	36
Figura 4 – Movimentos de pronação-supinação das mãos	36
Figura 5 – Movimentos de flexão e extensão do punho	37
Figura 6 – Movimentos: pinça, mão, pronação e supinação da mão	37

Lista de quadros

Quadro 1 – Título e <i>link</i> dos estudos selecionados no processo de busca para a pesquisa.	26
Quadro 2 – Características dos estudos incluídos para QP1	27
Quadro 3 – Características dos estudos incluídos para QP2	28
Quadro 4 – Movimentos motores que podem ser quantificados ou monitorados na DP em resposta a QP1	31
Quadro 5 – Comparativo de vantagens entre as abordagens em resposta a QP2	34
Quadro 6 – Movimentos motores e quantificação extraídas na QP2	34
Quadro 7 – Movimentos motores encontrados na revisão da literatura.	35
Quadro 8 – Componentes extraídas que permitem quantificar.	35

Lista de abreviaturas e siglas

10MT	<i>Timed 10-Metre Walk Test</i>
20MT	<i>Timed 20-Metre Walk Test</i>
2MWT	<i>Two-Minute Walk Test</i>
6MWT	<i>Six-Minute Walk Test</i>
ARAT	<i>Action Research Arm Test</i>
ASBC	<i>Activity Specific Balance Confidence</i>
Av.	<i>Avaliação</i>
BBA	<i>Brunel Balance Assessment</i>
BBS	<i>Berg Balance Scale</i>
BESTest	<i>Balance Evaluation Systems Test</i>
DP	Doença de Parkinson
E-FAP	<i>Emory Functional Ambulation Profile</i>
FAC	<i>Functional Ambulation Category</i>
FAT	<i>Frenchay Arm Test</i>
FMAA	<i>Fugl-Meyer Motor Assessment Scale</i>
FRT	<i>Functional Reach Test</i>
FTT	Teste de Batida dos Dedos / <i>Finger-Tapping Test</i>
IA	Inteligência Artificial
IMUs	Unidades de Medida Inercial
IS	Indivíduo(s) Saudável(eis)
JTT	<i>Jebsen and Taylor test</i>
MDS	<i>Movement Disorders Society</i>
MDS-UPDRS	<i>Modified Unified Parkinson's Disease Rating Scale</i>
MiniBESTest	<i>Balance Evaluation Systems Mini Test</i>

NHPT	<i>Nine-Hole Peg Test</i>
OMS	Organização Mundial de Saúde
Parkinson	Doença de Parkinson
PPT	<i>Purdue Pegboard Test</i>
PTT	<i>Pig-Tail Test</i>
QP	Questão de Pesquisa
REQ	Requisito
SMES	<i>Södring Motor Evaluation</i>
SN	Substância Negra
TBGAT	<i>Tinetti Balance and Gait Assessment Tool</i>
TUG	<i>Timed Up and Go Test</i>
UKBB	<i>United Kingdom Brain Bank</i>
UPDRS	Escala Unificada de Avaliação da Doença de Parkinson/ <i>Unified Parkinson's Disease Rating Scale</i>
WFMT	<i>Wolf Motor Function Test</i>

Sumário

1 – Introdução	13
1.1 Objetivos	14
1.1.1 Objetivo geral	14
1.1.2 Objetivos específicos	14
2 – Fundamentação teórica	15
2.1 Doença de Parkinson	15
2.1.1 Diagnóstico	16
2.1.2 Tratamento	17
2.1.3 Sinais motores principais	17
2.1.4 Escala Unificada de Avaliação da Doença de Parkinson (UPDRS)	19
2.1.5 <i>Movement Disorders Society - Unified Parkinson's Disease Rating Scale</i> (MDS-UPDRS) (Parte III - Avaliação motora)	19
2.1.6 <i>Finger Tapping Test</i> (FTT)	19
2.2 Benefícios do Monitoramento da Doença de Parkinson	20
3 – Materiais e métodos	21
3.1 Planejamento	21
3.1.1 Questões de pesquisa	21
3.1.2 Bases de pesquisa	22
3.1.3 Seleção dos estudos	23
3.1.4 <i>Strings</i> de busca	24
4 – Execução	25
5 – Resultados e discussões	26
5.1 Movimentos motores e suas características (QP1)	29
5.2 Relevância dos sistemas ou abordagens com suas características (QP2)	32
6 – Requisitos de monitoramento	38
6.1 Matriz de rastreabilidade - Estudo x Requisitos	39
7 – Considerações finais	40
7.1 Trabalhos futuros	40
Referências	41

1 Introdução

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), um idoso em países em desenvolvimento, é todo aquele com 60 anos ou mais, e em países desenvolvidos, é aquele com 65 anos ou mais (SIMIELI et al., 2019). Nesse sentido, a idade média das pessoas tem aumentado progressivamente pois a qualidade de vida no mundo melhorou, e com isso, o envelhecimento rápido trouxe consigo uma tendência a comorbidades crônicas (SIMIELI et al., 2019), e espera-se ainda, portanto, um crescimento dos indivíduos acima de 60 anos de 223% entre 1970 e 2025 (ORGANIZATION et al., 2005).

De certo, a doença de Parkinson (DP) é a mais comum em idosos e é uma desordem neurológica crônica que causa uma perda neuronal na substância negra (SN), nome dado a uma região localizada no mesencéfalo (ALHO, 2011), e afeta 2-3% da população idosa maior ou igual a 65 anos de idade (POEWE et al., 2017). Além disso, ela está associada a sintomas motores e não motores que aumentam a incapacidade geral do ser humano e são reduzidos por medicação, visto que ainda não existe cura. Seu nome foi dado em homenagem ao médico inglês James Parkinson, o primeiro pesquisador a descrever, em 1817, os sintomas dessa doença (SILVA et al., 2021).

Alguns estudos pressupõem que a DP pode ser causada por uma série de fatores, a citar, uma combinação da predisposição genética na companhia de causas tóxicas ambientais, esta última associada a casos de residentes em regiões rurais (SILVA et al., 2021). No Brasil, o crescimento de portadores com DP tem aumentado devido a mudanças da pirâmide etária em função da expectativa de vida e estima-se cerca de 36 mil novos casos todos os anos sendo ainda considerado, que há 220 mil portadores da DP (SILVA et al., 2021). Por conseguinte, a população idosa é um grupo etário onde consiste um núcleo de preocupações nas políticas públicas aumentando a necessidade de planejamento de ações de saúde (ROMERO et al., 2019).

Essa enfermidade se caracteriza por seus sintomas motores tornando-se os principais em rigidez muscular, alterações posturais e tremores de repouso. Além de outros sinais, como bradicinesia (lentidão de movimentos voluntários) e diminuição de movimentos (MONTEIRO et al., 2017).

Precipuamente, em uma investigação clínica por um profissional especialista, é avaliada o principal sintoma motor da DP, a bradicinesia. Ela se caracteriza pela lentidão dos movimentos, diminuição da amplitude do movimento no decorrer da execução das tarefas, fadiga rápida entre outros (LUIZ, 2022). No tocante a isso, a escala de avaliação mais utilizada chama-se a MDS-UPDRS (*Movement Disorder Society – Unified Parkinson’s Disease Rating Scale*), que consiste em seis partes integrantes sendo a terceira parte,

o exame motor. A habilidade de utilizar as mãos e dedos a fim de realizar atividades diárias depende de diversos fatores, como anatomia, tato, movimento, coordenação, destreza e força (FOLETTTO et al., 2017). A exemplo de habilidade manual temos tudo aquilo que exige coordenação de movimentos finos e grossos (FOLETTTO et al., 2017). Nesse sentido, o teste de habilidade *Finger Tapping Test* (FTT) é comumente utilizado no reconhecimento de doenças neuro-degenerativas para avaliação do controle motor.

Diante disso, revisar a literatura é imprescindível para uma pesquisa acadêmica e científica, isso faz com que se evite duplicações e faça-se de reaproveitamento do mesmo em outros contextos. Assim, uma maneira de estudar toda a literatura científica disponível sendo relevante para um tópico de pesquisa definido, é por meio da Revisão Sistemática da Literatura (RSL), esta por sua vez, é uma modalidade de pesquisa que acompanha protocolos específicos a fim de gerar uma coletânea sobre determinado tema e, é essencial no desenvolvimento de trabalhos acadêmicos e científicos (GALVÃO; RICARTE, 2019).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Esta pesquisa tem como objetivo geral, identificar produções literárias sobre mecanismos mais atuais de monitoramento de sinais motores da doença de Parkinson, relativizando a técnica de *Finger Taps* no intuito de responder às questões da RSL, tal como apresentar possíveis lacunas de estudo.

1.1.2 Objetivos específicos

- (i) Visar a possível identificação dos movimentos manuais e suas possíveis mensurações;
- (ii) Identificar mecanismos mais atuais de monitoramento do sinal da bradicinesia;
- (iii) Identificar e documentar requisitos de software para o monitoramento da Doença de Parkinson

2 Fundamentação teórica

Este capítulo tem a finalidade de oferecer uma visão geral das principais áreas nas quais essa pesquisa está fundamentada. Assim, será feita uma explicação sobre o Parkinson, seu diagnóstico, tratamento, principais sintomas motores, técnicas de avaliação e os benefícios do monitoramento da doença.

2.1 Doença de Parkinson

O Parkinson ou mal de Parkinson é uma doença crônica e degenerativa primária, cuja a cura ainda não foi encontrada, localizada na região mesencefálica da substância negra onde sintetiza-se a dopamina (SILVA et al., 2021), a responsável por regular as funções dos núcleos da base: estruturas subcorticais que interligam diferentes áreas corticais ao córtex motor (CALAND, 2015). A DP tem se propagado devido ao processo de envelhecimento populacional, pois a idade, é um dos fatores de risco e entre os distúrbios neurológicos, essa doença é considerada a que mais cresce em prevalência, incapacidades e mortes ao longo dos anos (SILVA et al., 2021). A perda de neurônios dopaminérgicos na SN acarreta uma disfunção do lobo frontal (localizado atrás da testa) sendo este responsável pelos movimentos voluntários. Especula-se portanto, que as perdas cognitivas da DP, que comprometem os domínios de responsabilidade, podem estar relacionadas com a degeneração do lobo frontal (SILVA et al., 2021).

Essa moléstia traz consigo indícios clínicos que são observados diante de uma desordem motora que afeta a prática das atividades de rotina, limitado-as ou impedindo tais ações, e conseqüentemente, comprometendo a qualidade de vida do indivíduo desde o seu estado mental até a sua participação social (SILVA et al., 2021). As características motoras mais notáveis incluem rigidez, bradicinesia, alterações posturais de tronco, tremor de repouso e propulsão da marcha. Além disso, a DP consegue manifestar aspectos não motores, antes mesmo das expressões motoras, podendo ser autonômicos, emocionais, cognitivos e sensoriais (CALAND, 2015), cuja a identificação deles, possibilita aprimorar os cuidados médicos prestados, monitorizar a progressão da doença e aperfeiçoar a nossa compreensão no tocante a sua evolução (CABREIRA; MASSANO, 2019).

O reconhecimento da doença normalmente baseia-se em um conjunto de sintomas motores, dos quais a bradicinesia é o aspecto fundamental obrigatório, porque em sua ausência, não é possível realizar o diagnóstico clínico de DP (CABREIRA; MASSANO, 2019). Esse sinal consiste em uma lentidão generalizada do movimento e é considerada a principal causa da incapacidade dos pacientes. Diante disso, o exame clínico é feito fazendo uma avaliação dos movimentos dos membros em cada lado do corpo, observando

a velocidade, a amplitude e o ritmo de cada movimento (SILVA et al., 2021). Por isso, os métodos de avaliações da DP que consigam distinguir melhorias ou evoluções da doença se tornam indispensáveis.

2.1.1 Diagnóstico

A DP é a causa mais frequente de parkinsonismo neurodegenerativo e no presente, há muitos exames de imagem e bioquímicos que estão sendo estudados, mas não há biomarcadores bioquímicos ou testes que consigam comprovar um diagnóstico definitivo dessa enfermidade, exceto a alguns testes genéticos específicos, úteis apenas em uma minoria dos casos (CABREIRA; MASSANO, 2019). Assim, o reconhecimento do Parkinson é fundamentado nos sintomas clínicos caracterizados por um aglomerado de sintomas motores, sendo a bradicinesia o aspecto principal e unicamente obrigatório, uma vez que, se compreende que nem o tremor de repouso nem a rigidez são sintomas vitais por si só para a detecção (CABREIRA; MASSANO, 2019).

Dessa forma, alguns critérios são seguidos pelo neurologista para efetivar o diagnóstico em meio a avaliação dos sintomas motores cardinais, como tremor de repouso, rigidez, bradicinesia e alterações posturais, e a avaliação da resposta positiva inicial ao tratamento dopaminérgico, a citar, a levodopa (CALAND, 2015; CABREIRA; MASSANO, 2019). Esses critérios são os clínico-patológicos do Banco de Cérebros da Sociedade de Parkinson do Reino Unido (*UK Brain Bank*), surgidos em 1988 e amplamente adotados até a atualidade, porém, com restrições diagnósticas que viabilizam considerações alternativas por parte dos médicos.

Um desses critérios muito difundidos pelo UKBB segue três passos: "1) diagnóstico de síndrome parkinsoniana, 2) não apresentar nenhum critério de exclusão para DP (múltiplos acidentes vasculares cerebrais com piora em graus do parkinsonismo, história de repetidos traumas cranioencefálicos, história confirmada de encefalite, crises oculóginas, tratamento com neurolépticos no momento dos sintomas, mais de um parente afetado por parkinsonismo, remissão sustentada, sintomas estritamente unilaterais por três anos, paralisia supranuclear da mirada, sinais cerebelares, envolvimento autonômico grave e precoce, demência grave precoce com alterações de memória, linguagem e praxia, sinal de Babinski presente, presença de tumor cerebral ou hidrocefalia comunicante, resposta negativa a altas doses de levodopa na ausência de má absorção, exposição à 1-metil,4-fenil,1,2,3,6-tetrahidropiridina), e 3) três ou mais critérios prospectivos positivos de DP (início unilateral, tremor de repouso presente, doença progressiva, assimetria persistente afetando lado mais acometido do início, resposta excelente à levodopa, coreia grave induzida pela levodopa, resposta à levodopa por cinco anos ou mais e curso clínico de dez anos ou mais)" (NETO, 2015, p. 8). Contudo, apesar das várias limitações, a análise histológica do exame do cérebro *post-mortem*, é ainda hoje, o padrão utilizado para validar novos

critérios e analisar a sua aplicabilidade (CABREIRA; MASSANO, 2019).

2.1.2 Tratamento

O processo terapêutico da DP é complexo por conta de sua propensão, efeitos colaterais e manifestação clínica. Atualmente, não existe um tratamento capaz de retardar ou impedir o processo de degeneração neuronal e nem de substituir os neurônios perdidos, apenas visa reduzir o avanço e controlar os traços da enfermidade. As intervenções que existem procuram apenas melhorar os sintomas, apresentando uma eficácia elevada nos sinais motores (CABREIRA; MASSANO, 2019). Por ser uma doença cuja a sintomatologia piora no decorrer do tempo, é preciso fazer o uso de fármacos. Nesse sentido, a levodopa apresenta ser o único medicamento que pode ser administrado combinado ou isoladamente com outros métodos antiparkinsonianos (CALAND, 2015), e continua sendo, há mais de 50 anos o mais eficaz para o tratamento motor.

A classe científica afirma que as complicações motoras podem chegar independente do uso desse medicamento, sendo assim, os doentes, principalmente os idosos, não devem ser privados da levodopa desde que seja a melhor terapia sintomática em questão (CABREIRA; MASSANO, 2019).

2.1.3 Sinais motores principais

Nesta seção serão descritos sintomas motores mais frequentes da DP compostos pela tríade clássica parkinsoniana.

Bradicinesia

Steidl et al. (2007) assegura que a bradicinesia é um retardo em iniciar movimentos, ocasionado por um atraso do cérebro em transmitir instruções vitais para outras partes do corpo, e por isso, apresenta ser, o sintoma mais incapacitante do Parkinson, uma vez que limita a realização de atividades de rotina e prejudica a qualidade de vida do indivíduo. Sua natureza consiste em existir uma "diminuição progressiva da velocidade e amplitude dos movimentos alternados e repetidos, sendo executados o mais rápido possível" (CABREIRA; MASSANO, 2019), a citar, "abrir e fechar a mão, oponência do polegar e indicador, pronação-supinação das mãos, bater repetidamente com o calcanhar no chão" (CABREIRA; MASSANO, 2019). Ainda nesse sentido, esse aspecto da DP possui os movimentos de membros inferiores para serem avaliados: o bater os dedos dos pés e agilidade das pernas. Tem-se também a bradicinesia global que considera o movimento corporal espontâneo diminuído (LUIZ, 2022; CABREIRA; MASSANO, 2019). Outras manifestações são "a hipofonia (voz com menor volume) e a micrografia (caligrafia mais pequena, por vezes imperceptível)" (CABREIRA; MASSANO, 2019).

Outrossim, esse sinal afeta movimentos que exigem o controle motor fino, os movimentos espontâneos e os gestos, como a hipomímia, cujo quais afetam o desempenho dos movimentos, aumentando o tempo de reação motora e causando fadiga na atuação de afazeres prolongados (LUIZ, 2022). Ademais, historicamente, essa característica da doença é monitorada clinicamente pela escala MDS-UPDRS, atualizada em 2008 pela Sociedade de Desordem do Movimento, a qual é dividida em quatro partes, sendo a III, a que analisa os problemas motores (LUIZ, 2022).

Rigidez

A rigidez consiste no aumento do tônus muscular com resistência aumentada ao movimento passivo em torno de uma articulação, e seus testes avaliam a flexão e a extensão cervical, do cotovelo, punho e articulação do joelho (CABREIRA; MASSANO, 2019). Pode-se manifestar em partes diferentes do corpo, sendo o mais frequente nos membros superiores, dificultando as funções que envolvem o uso das mãos. Logo, a reabilitação fisioterapêutica é uma grande aliada para manter a funcionalidade dos membros afetados e da qualidade de vida dos pacientes (COSTA et al., 2020).

Tremor de repouso

O tremor encontrado no Parkinson, é indicado como tremor de repouso, aparenta ser menos intenso quando o indivíduo está relaxado e tende a desaparecer durante o sono, ademais, tem o aspecto de ser um sinal que progride devagar (STEIDL et al., 2007). Cabreira e Massano (2019) afirma que, esse sintoma produz um movimento involuntário, rítmico e oscilatório, de frequência 4 – 6Hz, além de, garantir que o exame motor, consiste na observação dos membros relaxados e apoiados em uma superfície, sem a ação da gravidade. Esse sinal pode se manifestar em regiões dos membros inferiores, na língua e na mandíbula (CABREIRA; MASSANO, 2019).

Alterações posturais e da marcha

A mudança postural interfere na mobilidades dos pacientes parkinsonianos, uma vez que, causa problemas na qualidade da marcha e do equilíbrio. Nesse sentido, esse aspecto provoca constrangimento e estigma social além de dores de difícil controle clínico (ROCHA, 2015). Na DP a postura é flexionada e pode variar para até uma postura mais acentuada com flexão pronunciada do tronco (CABREIRA; MASSANO, 2019).

Durante a marcha e no *pull test*, o examinador aplica um impulso para trás dos ombros do enfermo com o objetivo de avaliar a capacidade de contrariar o desequilíbrio imposto (CABREIRA; MASSANO, 2019). Ademais, as alterações da marcha apresentam lentidão com redução do comprimento da passada, passos baixos e maior frequência de passada em duplo suporte dos membros inferiores, além de, existir uma redução assimé-

trica do balanceio normal dos membros superiores durante a marcha, e seus bloqueios (*freezing of gait*), podem ser espontâneos (CABREIRA; MASSANO, 2019).

2.1.4 Escala Unificada de Avaliação da Doença de Parkinson (UPDRS)

Na literatura, nota-se uma dificuldade em coletar dados do paciente para pesquisa médica, em razão disso, formas de avaliação foram desenvolvidas, como a UPDRS, que visa monitorar a progressão da doença e a eficácia da terapia medicamentosa, além de, ser amplamente aceita. "Essa escala avalia os sinais, sintomas e determinadas atividades dos pacientes por meio do auto-relato e da observação clínica. É composta por 42 itens, divididos em quatro partes: atividade mental, comportamento e humor; atividades de vida diária (AVDs); exploração motora e complicações da terapia medicamentosa. A pontuação em cada item varia de 0 a 4, sendo que o valor máximo indica maior comprometimento pela doença e o mínimo, normalidade. A UPDRS é uma escala confiável ($r=0,96$) e válida, sendo um método adequado para a avaliação da DP" (COELHO et al., 2006). Essa escala é a principal para a identificação do diagnóstico da bradicinesia, sendo este último, um dos sintomas mais importantes para progressão da doença (CALAND, 2015).

2.1.5 *Movement Disorders Society - Unified Parkinson's Disease Rating Scale* (MDS-UPDRS) (Parte III - Avaliação motora)

A MDS-UPDRS é considerada uma subescala de revisão da UPDRS, criada por especialistas da *Movement Disorders Society* (MDS) com o objetivo de avaliar os sintomas motores e não motores da DP distribuídas em quatro partes, sendo a parte III a que corresponde ao exame motor (BARBOSA, 2022). Esse instrumento é um dos mais indicados para dar características detalhadas desses sinais motores, além de, monitorar a progressão dos sintomas e da incapacidade física (CALAND, 2015).

Essa subescala, serve para avaliar a gravidade dos pacientes, e a seção III, possui 18 itens com pontuações variantes de 0 a 4: 0 - Normal, quando os sinais motores são ausentes; 1 - Discreto, quando a intensidade do sintoma motor não interfere na função; 2 - Ligeiro, quando os sintomas interferem na função; 3 - Moderado, quando os sinais interferem de forma significativa na função e 4 - Grave, quando os sintomas impedem a função (BARBOSA, 2022).

2.1.6 *Finger Tapping Test* (FTT)

Dentre os testes de habilidade do exame motor, o mais conhecido é o *Finger Tapping Test* (FTT) ou Teste de Batida dos Dedos, que abrange uma análise para extrair aspectos motores e cognitivos, tornando-se por isso, uma técnica simples de avaliação de baixo custo e grande precisão para a avaliação do movimento sequencial rítmico. Com ele,

é possível identificar déficits temporais unilaterais, mensurando a amplitude e frequência do movimento (CALAND, 2015). Normalmente, esse teste é usado como parte de uma avaliação neuropsicológica com o propósito de identificar problemas, e segundo Ferreira et al. (2017, p. 10), ele "é habitualmente pontuado através da média de vezes que um paciente consegue pressionar uma tecla com o seu dedo indicador em 10s, num dispositivo de toque manual. O teste consiste normalmente em 5 ensaios". O mesmo teste na escala MDS-UPDRS - III, para o FTT, instrui que o indivíduo realize o toque entre o dedo indicador e o polegar várias vezes o mais rápido possível, e além disso, que esse exame seja feito separadamente para cada mão a fim de avaliar a velocidade, amplitude, hesitações, paragens e o decaimento da amplitude no decorrer do tempo (SILVA et al., 2015).

2.2 Benefícios do Monitoramento da Doença de Parkinson

Como a DP é uma doença progressiva, é exigido uma identificação e monitoramento contínuo dos sintomas. Assim sendo, obter dados característicos dos sinais motores do Parkinson podem auxiliar no monitoramento, análise e avaliação, uma vez que, monitorar as complicações da doença, permite ter um adequado suporte aos indivíduos e suas famílias.

Nesse sentido, sabe-se que os Sistemas de Monitoramento da Saúde (SMS) permitem a classe médica obter informações sobre o estado de saúde dos pacientes, tornando o diagnóstico mais rápido e seguro (MEDEIROS, 2016). Alguns sistemas possibilitam monitorar a amplitude do movimento e a velocidade angular porque com isso é possível visualizar a resposta do paciente a algum tratamento medicamentoso ou de fisioterapia para o avanço positivo da bradicinesia presente no Parkinson. A quantificação dos dados serve para designar a melhora ou agravamento do indivíduo acometido pela doença (MEDEIROS, 2016).

3 Materiais e métodos

A pesquisa tem um viés exploratório quantitativo na literatura disponível, com o desígnio de encontrar sistemas ou apetrechos que examinem os sinais motores quantificados ou monitorados durante a avaliação do *Finger Tapping Test* (FTT) para a DP, tendo uma ênfase especial aos trabalhos que contenham computação aplicada a fim de identificá-los. As investigações foram efetuadas a partir do mês de janeiro de 2023 mediante o filtro com as palavras-chaves encaminhadas no período de 2017 à 2023.

3.1 Planejamento

Com o objetivo de identificar a necessidade da RSL e garantir o sucesso da revisão sistêmica, definiu-se nessa seção: as questões de pesquisa (QP); os termos chave da pesquisa; as *strings* de busca (uso dos operadores booleanos); definição dos critérios de inclusão (CI) e critérios exclusão (CE); definição das fontes de busca (base de dados) e da estratégia de busca.

3.1.1 Questões de pesquisa

Segundo Gil (2017), as questões de pesquisa se apresentam como declarações interrogativas e são mais adequadas aos estudos quantitativos que visam conduzir à definição de metas ou de construir hipóteses. A RSL contempla a especificação do problema ou condição que será estudada e o tipo de intervenção a ser analisada resultando-se de uma abordagem denominada PICO onde **p** é população ou problema, **i** é intervenção, **c** é comparação e **o** é *outcome* (resultado) (GALVÃO; RICARTE, 2019).

Portanto, tendo em vista que na pesquisa elaboram-se questões que se concentram na autoridade e nas relações de poder nas instituições e comunidades e que conduzem a respostas transformativas (GIL, 2017), com execução da revisão sistemática se propôs a responder às seguintes questões:

- **QP1: Quais movimentos motores que podem ser quantificados ou monitorados na doença de Parkinson?**
- **QP2: Quais os sistemas ou abordagens computacionais de quantificação podem ser avaliados com o *Finger Tapping Test* (FTT)?**

O intuito da primeira QP, por meio da literatura existente, é identificar materiais ou técnicas de quantificação do sinal motor durante a avaliação do paciente com DP, e

assim, validar se o FTT para isso é relevante. O esclarecimento dessa questão possibilita uma maior ciência do mapeamento da produção acadêmica encontrando lacunas e obtendo um melhor esclarecimento para alcançar os nossos objetivos.

Em seguida, o segundo questionamento procura detectar a avaliação dos movimentos manuais existentes e quais as características que estão sendo extraídas.

Para os itens colocados em discussão, esses quesitos contemplaram População, Intervenção, Comparação e Resultados (**PICO**):

- **População:** Indivíduos acometidos ou suspeitos da doença de Parkinson (DP);
- **Intervenção:** técnicas ou ferramentas atuais para auxílio na avaliação de sintomas com o FTT para a doença de Parkinson;
- **Comparação:** com artefatos ou mecanismos já disponibilizados;
- **Resultados para Q1:** Panorama geral de principais soluções já criadas que monitoram o sinal motor durante as avaliações;
- **Resultados para Q2:** Soluções criadas com detalhes das dificuldades ou desafios enfrentados dos trabalhos com esta questão.

3.1.2 Bases de pesquisa

Algumas bases de dados são de livre acesso e o pesquisador pode acessá-las em qualquer lugar viabilizado pela Internet (GIL, 2017). Sendo essa última, portanto, um dos mais importantes meios de informação. Ao pesquisar pelos artefatos, pode-se encontrar duplicações, porém, cada fonte de dados se destina a um público-alvo com informações que são por ela tratadas de forma preferencial (GALVÃO; RICARTE, 2019). Diante disso, as buscas são feitas por palavras-chaves e o material obtido pode vir a ser de conteúdo pago ou gratuito.

Precipualemente, para esse estudo, quando identificado os problemas da pesquisa, o levantamento bibliográfico foi realizado tendo em vista encontrar trabalhos acadêmicos com validade científica e fundamentada no nosso público-alvo. Portanto, as fontes de dados gratuitas na Internet foram consultadas usando as palavras-chave de relevância. Desse modo, utilizou-se duas bases de livre acesso para esse trabalho:

- PUBMED (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>)
- *GOOGLE SCHOLAR* (<https://scholar.google.com/>)

3.1.3 Seleção dos estudos

Em cada motor de busca selecionado, as strings foram aplicadas no campo avançado de cada biblioteca digital. Esse processo de seleção foi realizado considerando revistas, artigos, relatórios técnicos, trabalhos acadêmicos teses e dissertações, utilizando-se do processo de apuração, filtragem e classificação dos artefatos de estudo conforme a relevância da análise. Dessa forma, a apuração das revisões foi efetuada seguindo as etapas:

1. **Seleção:** Os artefatos foram selecionados utilizando as duas chaves de pesquisa entre o período de 2017 a 2023;
2. **Pré-filtro:** Realizou-se uma inspeção dos dados pelo título, palavras-chaves e concordância com a temática investigada;
3. **1º Filtro:** Realizou-se uma leitura e análise dos resumos dos estudos a fim de averiguar a concordância com a pesquisa;
4. **2º Filtro:** Nessa etapa foi feita uma leitura dos trabalhos para usar de base de conhecimento nessa arguição, selecionados, portanto, mediante os critérios de inclusão e exclusão;
5. **Classificação:** Os aparatos de estudos coletados foram escolhidos conforme a relevância da análise.

Pode-se adotar critérios para classificar a pesquisa porque assim, torna-se possível dispor de mais elementos para usar como solução dos problemas propostos para inspeção (GIL, 2017). À vista disso, adotou-se critérios de inclusão e exclusão expostos a seguir.

1. O material encontrado é uma revista, tese, dissertação, artigo científico, material de conferência ou congresso, ou por fim, relatório técnico;
 2. O trabalho é sobre a doença de Parkinson e seus sintomas;
 3. Estudos que tratem primária ou secundariamente metodologias, técnicas, procedimentos, etapas, estágios, ferramentas, métodos, abordagem metodológica, métricas que estejam de alguma forma relacionada com a doença de Parkinson.
-
1. O trabalho não é acadêmico;
 2. O trabalho não trata sobre Parkinson;
 3. O trabalho é descartável segundo às questões de pesquisa;
 4. Em caso de trabalho duplicado, o mais recente e completo foi incluído.

3.1.4 *Strings* de busca

As fontes de buscas são as bases de dados confiáveis que possuem em seu montante as publicações científicas universais relativas ao tema investigado e que tenham importância e relevância no meio acadêmico. Diante disso, sabe-se que as strings são desenvolvidas a partir do caráter das questões de pesquisa com ou sem adaptações específicas de cada base de conhecimento.

- *String Q1: ("Parkinson's Disease" OR "Parkinson" OR "DP" OR "Parkinson's") AND ("motor movement" OR "hand movement" OR "motor examination" OR "motor symptom" OR "movement of hand") AND ("measurement movement" OR "quantified movement" OR "monitored movement");*
- *String Q2: ("Parkinson's Disease" OR "Parkinson" OR "DP" OR "Parkinson's") AND Finger Tapping Test AND (System OR Approach) AND computing.*

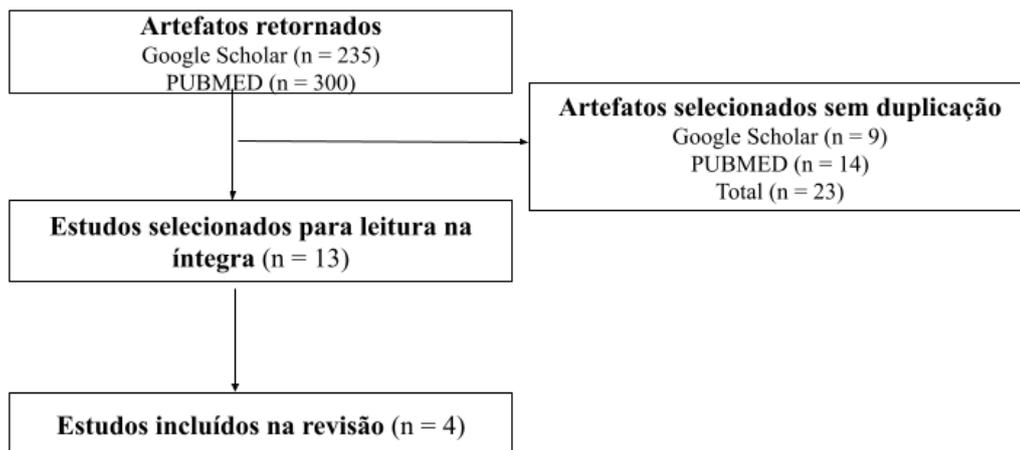
4 Execução

A execução da revisão ocorreu com os seguintes procedimentos: identificação dos estudos relevantes, seleção dos estudos e extração de dados. A estratégia de rastreamento teve como base o protocolo de RSL que incluiu as bases de dados eletrônicas-científicas listadas na subseção 3.1.2. A escolha dessas bibliotecas deve-se ao fato de representarem importantes fontes de estudos sobre Parkinson, indexando conferências e periódicos relevantes. Além disso, seus mecanismos de pesquisa oferecem suporte à busca automática pela web e à utilização de palavras-chave.

Para encontrar trabalhos nas fontes de rastreamento automático, foram elaboradas strings de busca a partir das unidades-chave sinônimas, extraídas das questões de pesquisa. Dessa forma, as fontes de pesquisa retornaram um total de 535 artefatos. A seleção dos estudos está mencionada na subseção 3.1.3.

Na triagem, foram selecionados no total 23 artefatos sem duplicação. Na primeira fase do filtro foram escolhidos 13 trabalhos pela observação dos resumos, armazenando apenas os que possuíam relevância com a pesquisa. No segundo filtro de seleção, foi realizada a leitura e análise dos artefatos, oportunidade em que foram descartados 9 artigos por não se enquadrarem no escopo da pesquisa, restando apenas 4 estudos elegíveis e apresentado no fluxograma a seguir.

Figura 1 – Fluxograma de estudos para revisão



Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

5 Resultados e discussões

A presente pesquisa objetivou encontrar mecanismos mais atuais de monitoração de sinais motores da DP a partir da identificação de técnicas ou abordagens que possibilitam quantificar as avaliações motoras dos portadores da doença, enfatizando a análise clínica das funções dos dedos (FTT), além de, destacar quais são os movimentos que podem ser investigados. Dessa forma, a RSL tem o propósito de elucidar se os métodos e ferramentas utilizadas como auxílio no diagnóstico e o monitoramento das manifestações motoras do Parkinson demonstram interferência positiva no processo de avaliação do FTT. A seguir serão apresentados os resultados e discussões para cada questão da pesquisa baseados nos estudos listados no Quadro 1.

Quadro 1 – Título e *link* dos estudos selecionados no processo de busca para a pesquisa.

Nº	Estudo	Autor
01	Remote Evaluation of Parkinson's Disease Using a Conventional Webcam and Artificial Intelligence.	Monje et al. (2021)
02	Motor assessment in Parkinson's disease	Opara et al. (2017)
03	Metodologia para avaliação objetiva da Bradicinesia na doença de parkinson	Luiz (2022)
04	Jogos sérios para reabilitação de movimentos finos utilizando interfaces naturais	Foletto et al. (2017)

Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

O diagnóstico clínico da DP baseia-se nas características motoras, tais como o tremor de repouso assimétrico, a rigidez e a bradicinesia (FERREIRA et al., 2022, p. 03). Por meio da identificação dos sinais motores, os profissionais de saúde são melhor auxiliados a identificar sintomas da DP e podem promover uma intervenção terapêutica, com maiores chances de reduzir a progressão da doença e repercussões sobre a qualidade de vida (FERREIRA et al., 2022, p. 04). Nesse sentido, nos artefatos de estudos encontrados salienta as características dos estudos incluídos da QP1 e QP2 no Quadro 2 e 3 respectivamente. De acordo com o levantamento realizado para a QP1, foram selecionados 2 trabalhos onde existem mecanismos de assistência às avaliações e quantificação dos movimentos motores das pessoas com DP e estão agrupadas no Quadro 4. Já a QP2, procurou encontrar sistemas ou abordagens computacionais, que pudessem extrair dados relevantes para quantificação da DP, com o propósito de melhorar a precisão das avaliações motoras. No Quadro 5 é possível ver um resumo das principais vantagens e desvantagens dos estudos analisados da QP2.

Quadro 2 – Características dos estudos incluídos para QP1

Estudo	Amostra	Intervenção	Desfecho e variáveis	Avaliação	Resultados
Monje et al. (2021)	DP (n = 22) IS (n = 20)	Quantidade de tarefas: 3 vezes com cada mão separadamente e com ambas as mãos simultaneamente; Protocolo: avaliados sempre após a noite sem medicação.	Função motora.	Bradicinesia MDS-UPDRS-III com uma abordagem computacional.	Diferenças significativas no desempenho motor dos pacientes com DP e IS oferecendo uma precisão diagnóstica muito alta na avaliação remota da bradicinesia.
Opara et al. (2017)	Av. do equilíbrio e postura (n = 9) Av. da função da mão e do braço (n = 11) Av. da marcha (n = 7)	Análise das avaliações citadas nos estudos.	Função motora; equilíbrio e postura; função de braço e mão; marcha.	Equilíbrio e postura: UPDRS - parte III, TUG, BBS, TBGAT, BBA, FRT, ASBC, BESTest, MiniBESTest. Função da mão e do braço: UPDRS - parte II e III, PPT, NHPT, JTT, PTT, FAT, ARAT, WFMT, FMAA, SMES. Marcha: UPDRS - parte II e III, 10MT, 20MT, 2MWT, 6MWT, FAC, E-FAP.	Apresenta uma revisão das possibilidades atuais da avaliação motora na DP.

Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Quadro 3 – Características dos estudos incluídos para QP2

Estudo	Amostra	Intervenção	Desfecho e variáveis	Avaliação	Resultados
Luiz (2022)	Estratégia I: DP(n=12), Avaliador (n=14), tempo de experiência variada de 3 a 10 anos. Estratégia II: DP(n=15), IS (n=15).	Prot. de segurança: adoção da telemedicina pelo grupo mediador, devido a pandemia do COVID-19; Prot. experimental: tarefas de pinça, abrir e fechar a mão, pronação e extensão e flexão e extensão; Quant. de repetição: 10 vezes por cada tarefa de bradicinesia.	Função motora, capturando as componentes da bradicinesia: lentidão, amplitude e ritmo.	Avaliação remota e objetiva da bradicinesia usando a MDS-UPDRS e sensores inerciais para análise dos movimentos e quantificação.	Os resultados indicaram fortes correlações entre os índices das componentes da bradicinesia e as avaliações clínicas, e já para as avaliações intergrupos, os índices apresentaram interferência estatisticamente significativa. Dessa forma, é possível melhorar o diagnóstico, acompanhar a progressão e realizar o monitoramento precoce da DP.
Foletto et al. (2017)	IS Adultos (n=20)	Uso do Leap Motion: 2 a 3 minutos; Sessão por jogo: 1 minuto e 30 segundos; Tempo médio por sessão de testes: 20 minutos.	Reabilitação de movimentos finos utilizando interfaces naturais.	Para os protótipos foram avaliados as componentes: imersão, fluxo, competência, efeitos positivos e negativos, tensão e desafio, com o objetivo de auxiliar na reabilitação fisioterápica da motricidade fina.	Apresentou um sistema de jogos para serem usados em programas de reabilitação da habilidade e controle motor fino, baseados no estudo de caso da DP.

Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

5.1 Movimentos motores e suas características (QP1)

No estudo de [Monje et al. \(2021\)](#), foi possível provar o conceito de um novo sistema que quantifique com precisão o desempenho motor, capturando remotamente a bradicinesia dos pacientes com DP usando uma *webcam* de *laptop* e um algoritmo de inteligência artificial (IA). Nesse novo mecanismo de monitoramento dos sinais motores, os participantes realizaram movimentos dos membros superiores (*upper limb*) de MDS-UPDRS parte III, que são: bater os dedos, movimentos da mão e movimentos de pronação e supinação da mão. Assim, a IA rastreou e quantificou a função motora durante as tarefas de bradicinesia. Os classificadores com melhor desempenho foram os de toque unilateral e velocidade de movimento da mão, demonstrando aqui uma interferência positiva para o teste FTT para identificação dos sintomas da DP, uma vez que ele é indicado para a identificação dos sinais motores por meio da avaliação cinemática do movimento sequencial rítmico ([CALAND, 2015](#)). Ademais, todas as tarefas de bradicinesia foram feitas em frente à câmera. Nos exemplos de *tapping* e movimentos das mãos, os pacientes fizeram uma abertura máxima e fechamento dos dedos ou da mão. Dentro do movimento de pronação e supinação da tarefa manual, os sujeitos foram solicitados a estender o braço com a palma para baixo e fazer o movimento de supinação máxima. Cada amostra de vídeo foi restrita a 12 segundos.

No teste, foram normalizadas as medidas para a amplitude máxima. Para o FTT foi realizada a distância euclidiana (em pixels) entre o polegar e o dedo indicador computadas então para cada quadro ([MONJE et al., 2021](#), p. 3). As características únicas extraídas pelos classificadores mostraram que houve diferenças de coleta significativas para a velocidade de toque unilateral do dedo, velocidade de movimento da mão, e amplitude do movimento de pronação-supinação. Para a tarefa bilateral, houve diferenças para a amplitude do toque do dedo, velocidade do toque do dedo, e velocidade de movimento da mão. O estudo conclui, portanto, que o conceito de que uma nova tecnologia baseada em *webcam* pode avaliar de maneira precisa a bradicinesia, a característica central única que permite o diagnóstico de parkinsonismo, em ambiente remoto usando IA.

Diferente do estudo anterior, [Opara et al. \(2017\)](#) discorre sobre uma revisão de artigos onde se apontam as possibilidades atuais de avaliação motora do Parkinson, destacando a clinimetria, o equilíbrio e a postura, a função de braço e mão, e a marcha. No que se refere aos testes de habilidade, destaca-se o FTT desenvolvido por Shimoyama em 1990 ([OPARA et al., 2017](#), p. 413) que permite a previsão automática de pontuações MDS-UPDRS e revela melhoria no controle motor fino. Em ambos os estudos percebe-se que o teste clinimétrico é uma tarefa árdua, uma vez que, os sintomas básicos como a bradicinesia são difíceis de avaliar. As escalas dividem-se em basicamente duas: Hoehn e Yahr e UPDRS, ambas muito usuais para definir os estágios de progressão da doença. Pacientes com DP possuem déficits no aprendizado motor e interferência bidirecional, ou

seja, o desempenho de uma tarefa interfere simultaneamente no desempenho de outra tarefa. O Quadro 4 revela alguns dados do estudo, sintetizando alguns testes mais utilizados para avaliação do equilíbrio e postura, bem como para avaliação da função da mão e do braço na DP, além de, destacar a quantificação de sinais motores encontrados.

Quadro 4 – Movimentos motores que podem ser quantificados ou monitorados na DP em resposta a QP1

Estudo	Movimento(s) motor(es)	Relevância do FTT	Quantificação	Abordagem
Monje et al. (2021)	membros superiores com enfoque nas mãos; <i>Finger Tapping: Single Hand</i> (unilateral) e <i>Two-hands</i> (bilateral); movimento da mão (unilateral e bilateral); movimento de pronação e supinação da mão durante a execução de tarefas motoras com uma mão (superior) e com as duas mãos (inferior).	Sim, tendo um melhor desempenho com o toque unilateral do dedo (<i>Unilateral Finger Tapping</i>).	velocidade de movimento da mão; velocidade do toque do dedo; amplitude; fadiga.	Nova tecnologia baseada em webcam para detectar remotamente as características parkinsonianas usando IA.
Opara et al. (2017)	tremores; rigidez; lentidão de movimentos (bradicinesia); instabilidade postural e dificuldade de locomoção e marcha.	Sim, é um dos testes mais utilizados para avaliar a função da mão e do braço.	amplitude de movimento geral; amplitude nos músculos bíceps e tríceps braquial; amplitude de movimento nas articulações dos membros inferiores; estabilometria; duração do giro; velocidade da passada; pico de velocidade do braço; velocidade de caminhada; comprimento do passo.	Revisão da literatura

Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

5.2 Relevância dos sistemas ou abordagens com suas características (QP2)

Segundo Luiz (2022), a bradicinesia que é um sintoma cardinal (principal), prejudica vários aspectos da vida de uma pessoa, a citar , "diminuição da amplitude de movimento ao longo da execução das tarefas, tempo prolongado para alterar o padrão motor, fadiga rápida na execução de tarefas prolongadas e diminuição do ritmo durante as atividades" (LUIZ, 2022, p. 9). Dessa forma, repercute uma necessidade de se fazer um estudo especializado na progressão da doença. Sua tese, portanto, teve como objetivo, criar melhores estratégias para a investigação da acinesia na DP.

A estratégia foi dividida em duas etapas, onde na primeira, realizou-se a avaliação remota e a análise confrontativa de múltiplos especialistas (intra e interexaminadores) mediante a avaliação clínica MDS-UPDRS. O alvo dessa primeira etapa deu-se em verificar quais os meios de aprimoramento do exame clínico, enfatizando a importância de uma equipe de mediação bem treinada. Na segunda etapa, elaborou-se uma avaliação objetiva da bradicinesia, por intervenção de sensores inerciais a fim de identificar as variáveis lentidão, amplitude e ritmo. O processamento dos sinais, desenrolou-se no ambiente do software R. O algoritmo não supervisionado *Slow Feature Analysis (SFA)* capturou o aspecto da lentidão, e para a extração da amplitude, um índice foi criado com base na amplitude total e interquartilica, já para o ritmo, foi exercida uma quantificação pelo coeficiente de variação usando o método *Empirical Mode Decomposition (EMD)*.

Ainda hoje, há dificuldades de avaliar clinicamente o sintoma motor bradicinesia e, por isso, o monitoramento das anormalidades da DP podem disponibilizar resultados precisos para os profissionais da saúde. Os resultados da tese aprimoram a confiabilidade da avaliação remota que além desse sintoma motor, pode avaliar outros sinais motores que são computados pela execução ativa de movimentos pelos indivíduos acometidos da doença. Esse estudo, conclui que as ferramentas escolhidas constituem uma inovação e eficiência na forma de processamento do sinal motor em questão, permitindo obter um melhor monitoramento do Parkinson.

A tese de Foletto et al. (2017), é voltada para o desenvolvimento de uma tecnologia capaz de auxiliar a reabilitação da coordenação da motricidade fina usando a DP como um estudo de caso, uma vez que, o processo de reabilitação dos pacientes do Parkinson pode ser longo e desagradável, além de, sofrerem com problemas motivacionais. Os protótipos criados, fazem uso do sensor de movimentos das mãos e dedos, o Leap Motion, apresentando resultados satisfatórios onde todos os jogadores dos testes reportaram altos níveis de uso das mãos e dedos, bem como destreza. A motricidade fina permite "uma variedade de atividades criativas e práticas, como escrever, pintar, esculpir, e tocar instrumentos musicais" (FOLETTTO et al., 2017, p. 15), e o sinal motor bradicinesia influencia

em atividades que requerem o controle motor fino.

Foletto et al. (2017, p. 18) descreve seu trabalho com um enfoque no tratamento baseado em fisioterapia, que a longo prazo, pode promover ações de neuroplasticidade e reduzir os danos causados pela doença ao mapear novos caminhos neurais para as funções motoras. Desse modo, novas tecnologias se sobressaem nos efeitos positivos, e os jogos sérios surgem como uma alternativa para motivar e auxiliar os profissionais de saúde, além de tornarem-se em uma tentativa na melhoria da experiência da reabilitação na DP.

Para fins comparativos, as duas teses apresentadas, se proporam em criar ferramentas de auxílio aos profissionais da saúde possibilitando o monitoramento da progressão da doença, com a intenção de melhorar a vida dos pacientes. Ambas se baseiam no sinal motor principal do Parkinson: a bradicinesia, e utilizam-se de abordagens tecnológicas. Sendo a primeira a trazer o uso de sensores inerciais (Luiz (2022)) para investigar comportamentos motores complexos, e a última, do uso de sensor de movimentos das mãos e dedos (Foletto et al. (2017)).

A tese de Luiz (2022) traz muitas características e incluem testes aprovados pela Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, extraindo quantificações do sintoma motor mediante as ferramentas empregadas para estudo. Já a tese de Foletto et al. (2017), aponta características para a criação de um jogo sério para ser usado em programas de reabilitação, todavia, o grupo de estudo foi feito em indivíduos saudáveis, se tornando, portanto, a principal desvantagem dessa pesquisa.

A proposição de Luiz (2022) faz uso do método FTT em todas as tarefas exercidas pelos pacientes no protocolo de tarefas motoras, a fim de capturar variáveis quantificáveis como a amplitude e a velocidade do movimento, sendo úteis portanto, para a identificação das alterações motoras que caracterizam o Parkinson. Embora a técnica de FTT não seja evidenciada no estudo de Foletto et al. (2017), devido o seu potencial, ela pode ser facilmente adaptada e usada nesse trabalho, uma vez que, serve para avaliação dos movimentos e mensuração dos mesmos. O Quadro 5 aponta vantagens e desvantagens entre essas duas abordagens tecnológicas apresentadas.

Quadro 5 – Comparativo de vantagens entre as abordagens em resposta a QP2

Estudo	Vantagens	Desvantagens
Avaliação objetiva da bradicinesia mediante uso de sinais inerciais [Luiz (2022)].	Avaliação da DP por telemedicina; aprimoração clínica; criação de base de dados de sinais inerciais; quantificação dos componentes da bradicinesia; flexibilização de avaliações em relação ao tempo e local.	Problemas de conectividade com a Internet para a avaliação remota; Acesso limitado à tecnologia e dificuldades de interação com serviços online por parte dos pacientes.
Jogos sérios para reabilitação de movimentos finos utilizando interfaces naturais [Foletto et al. (2017)].	Procedimento para tratamento de reabilitação; atividade prazerosa; computação de movimentos realizados pelas mãos; mensura força com movimento de pinça; sessões de terapias adaptadas ao paciente; foco nas habilidades motoras finas.	Avaliou-se apenas em sujeitos saudáveis, tornando a proposta para a reabilitação fraca.

Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Quadro 6 – Movimentos motores e quantificação extraídas na QP2

Estudo	Movimento(s) motor(es)	Quantificação
Luiz (2022)	movimento dos dedos da mão (pinça); movimento de abrir e fechar a mão; movimentos de pronação-supinação das mãos; movimentos de flexão e extensão do punho.	velocidade, amplitude e ritmo; índices quantificáveis correlacionados com os métodos de correlação tau de Kendall, Cohen Kappa, Coeficiente de Correlação Interclasse (ICC) e Bland-Altman.
Foletto et al. (2017)	Movimento das mãos, dedos e punhos.	variância simples (ANOVA).

Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Foi possível concluir que toda a literatura apresentou uma interferência positiva no processo de investigação sobre quais são os movimentos motores que podem ser quantificados ou monitorados na DP uma vez que os sinais motores como tremores, rigidez, lentificação dos movimentos, instabilidade postural e dificuldade de marchar e andar são difíceis de mensurar tornando as validações profissionais ainda subjetivas. Abaixo segue dados de extração das QPs.

Quadro 7 – Movimentos motores encontrados na revisão da literatura.

Movimento motor
<ul style="list-style-type: none"> ● membros superiores com enfoque nas mãos; ● movimento dos dedos da mão: <i>single hand</i> (unilateral) e <i>two-hands</i> (bilateral); ● movimento da mão (unilateral e bilateral); ● movimento do punho; ● movimento de pronação e supinação; ● movimento de abrir e fechar a mão; ● movimentos de flexão e extensão do punho; ● movimento lento (bradicinesia); ● movimento de instabilidade postural; ● movimentos de locomoção; ● tremores; ● rigidez; ● marcha.

Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Quadro 8 – Componentes extraídas que permitem quantificar.

Quantificação extraída
velocidade; amplitude; ritmo; fadiga; estabilometria; duração do giro; comprimento do passo; variância (ANOVA); tau de Kendall; Cohen Kappa; Coeficiente de Correlação Interclasse (ICC); Bland-Altman.

Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Ilustração de alguns movimentos motores encontrados na revisão da literatura

O movimento de batida dos dedos ilustrados nas figuras 2 e 6, acontece quando se toca o dedo indicador ao polegar repetidas vezes.

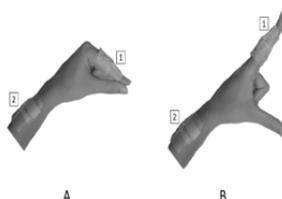


Figura 2 – Movimento de bater os dedos da mão (pinça)

Fonte: Luiz (2022)

O movimento das mãos, ilustrado nas figuras 3 e 6, acontece quando se fecha e abre as mãos.

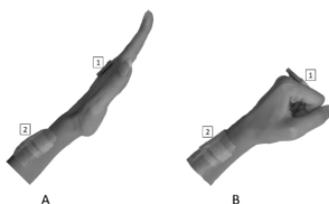


Figura 3 – Movimento das mãos

Fonte: Luiz (2022)

Os movimentos de pronação-supinação das mãos, ilustrados nas figuras 4 e 6, são restritos ao antebraço envolvendo o rádio e acontece quando há uma pronação, que é uma rotação medial do rádio, e uma supinação, uma rotação lateral do rádio.

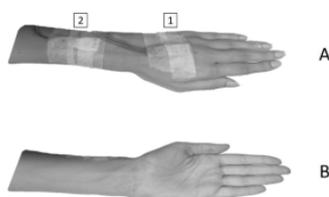


Figura 4 – Movimentos de pronação-supinação das mãos

Fonte: Luiz (2022)

Os movimentos de flexão e extensão do punho, ilustrado na figura 5, ocorre quando os dedos estão relaxados e realiza-se um movimento com a mão para cima e para baixo de forma alternada.

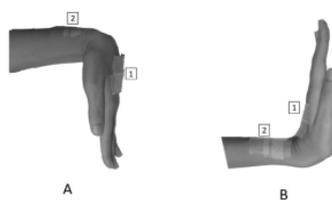


Figura 5 – Movimentos de flexão e extensão do punho

Fonte: Luiz (2022)

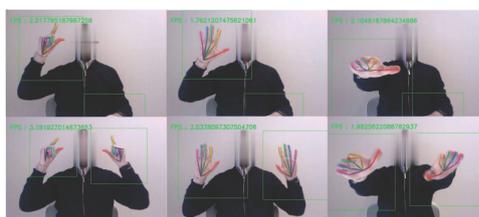


Figura 6 – Movimentos: pinça, mão, pronação e supinação da mão

Fonte: Monje et al. (2021)

6 Requisitos de monitoramento

Por meio dos estudos literários, observou-se que a bradicinesia é o sintoma motor principal obrigatório para o diagnóstico do Parkinson, e o FTT é uma técnica muito usada nos exames da MDS-UPDRS (seção III) pois visa extrair características cognitivas e motoras da hipocinesia. Na RSL, encontrou-se quantificações que podem ser extraídas para gerar dados de monitoramento da doença, a saber, as mais destacadas, foram as componentes: velocidade e amplitude.

Sendo assim, essa seção propõe requisitos para dar suporte a um futuro desenvolvimento de software do sintoma bradicinesia da DP, com enfoque na tarefa de pinça, permitindo mensurações mais precisas desse sinal, que ainda é muito estimado de forma empírica, com base na experiência e na observação do profissional de saúde. Desse modo, o intuito é de facilitar a análise dos dados de monitoramento, proporcionando resultados objetivos ao especialista da saúde em sua tomada de decisão diagnóstica.

Nesse sentido, sabe-se que as restrições de funcionalidades, os serviços oferecidos e as descrições de um sistema, compõem os seus requisitos. E o processo de análise, descoberta do propósito do software, documentação, verificação dos serviços e restrições, é conhecido como engenharia de requisitos (SOMMERVILLE, 2011), constituindo, uma fase essencial no desenvolvimento de software. Dessa forma, identificar os requisitos de um sistema significa dar início a elicitação das suas demandas. Então, esses requisitos podem ser separados por requisitos funcionais, que são basicamente os serviços que devem ser oferecidos pelo sistema, e os requisitos não-funcionais, que são aqueles que definem restrições aos serviços ou a funções do software (SOMMERVILLE, 2011; VALENTE, 2020).

Nessa análise, elaborou-se um levantamento de requisitos com base nos estudos da RSL, cuja a nomenclatura é REQ, seguida por um número sequencial único. Segue abaixo os que foram considerados para captar remotamente a bradicinesia de um paciente de Parkinson a fim de direcionar a um sistema de monitoramento da doença.

- **[REQ001]** O sistema deve rastrear os movimentos finos das mãos com o sensor Leap Motion [Foletto et al. (2017)];
- **[REQ002]** O sistema deve avaliar a bradicinesia usando FTT [Monje et al. (2021), Opara et al. (2017), Luiz (2022)];
- **[REQ003]** O sistema deve calcular a velocidade do movimento, velocidade angular e amplitudes captadas pelo sensor a partir da tarefa de pinça do FTT unilateral e bilateral [Monje et al. (2021), Opara et al. (2017), Luiz (2022)];

- **[REQ004]** O sistema deve gravar os dados coletados para histórico e correlação médica [Monje et al. (2021), Luiz (2022)];
- **[REQ005]** O sistema deve fornecer um *dashboard* [Foletto et al. (2017, p. 48)];
- **[REQ006]** O sistema deve possibilitar a telemedicina com o paciente [Luiz (2022), Monje et al. (2021)];
- **[REQ007]** O sistema deve apresentar gráfico(s) de sinais cinemáticos que mostra a evolução dos dados coletados para fins de acompanhamento e monitoramento do tratamento da DP [Luiz (2022), Monje et al. (2021)];
- **[REQ008]** O sistema deve visar o baixo custo para amplo alcance social [Luiz (2022), Foletto et al. (2017)].

6.1 Matriz de rastreabilidade - Estudo x Requisitos

A matriz de rastreabilidade abaixo, realiza o mapeamento dos requisitos, sugeridos a um futuro desenvolvimento de software, aos estudos correlacionados de maneira direta ou indiretamente, com o objetivo de direcionar a trabalhos futuros.

Tabela 1 – Matriz de rastreabilidade - Estudo x Requisito.

ESTUDOS/REQUISITOS	01	02	03	04	05	06	07	08
01		X	X	X		X	X	
02		X	X					
03		X	X	X		X	X	X
04	X				X			X
QTD. OCORRÊNCIAS	01	03	03	02	01	02	02	02

Fonte: Autoria própria.

7 Considerações finais

Diante das dificuldades enfrentadas pelas pessoas acometidas com a DP, espera-se que a tecnologia venha trazer fluidez em suas vidas. Com o desenvolvimento dessa pesquisa, foi possível analisar a viabilidade do uso da técnica FTT para mensurar a bradicinesia, e nos estudos apontados, foram encontradas diferenças significativas no desempenho motor dos pacientes investigados, com avaliações quantitativas da função motora usando as escalas clínicas. As tecnologias apresentadas foram remotas e objetivas a aferir as características parkinsonianas no que se refere, principalmente, às relacionadas ao exame motor. E nos testes de habilidade, foi ressaltada a prática do teste de batida dos dedos.

No que concerne às tecnologias desenvolvidas, elas puderam capturar avaliações sobre aspectos principais da bradicinesia como lentidão, fadiga, amplitude e ritmo, possibilitando um auxílio imprescindível no diagnóstico clínico, além de apontar, que os jogos sérios, têm a capacidade de prover uma assistência à fisioterapia para reabilitação de movimentos finos, uma vez que essa atividade ainda é bastante dolorosa ao paciente. A tecnologia vem, portanto, facilitar a vida de uma pessoa com DP.

7.1 Trabalhos futuros

Levando-se em consideração a abrangência do tema desenvolvido, foi possível observar oportunidades a serem exploradas em trabalhos futuros e listadas abaixo.

- Avaliação dos requisitos de software propostos na seção 6 com aprimoramentos de técnicas aqui abordadas;
- Criação e aplicação do sistema de monitoramento proposto para o sintoma motor principal;
- Melhora do software para capturar as demais tarefas da bradicinesia a partir do FTT;
- Realizar modelagem de casos de uso para identificar os atores envolvidos nas interações e direcionar tarefas no processo de desenvolvimento.

Referências

- ALHO, A. T. D. L. **Caracterização da substância negra humana durante o envelhecimento**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2011.
- BARBOSA, G. D. **Evolução motora de indivíduos com Doença de Parkinson participantes de grupo terapêutico: um estudo longitudinal**. Dissertação (B.S. thesis) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2022.
- CABREIRA, V.; MASSANO, J. Doença de parkinson: revisão clínica e atualização. **Acta Médica Portuguesa**, v. 32, n. 10, p. 661–670, 2019.
- CALAND, L. M. Q. Correlação entre a avaliação motora do mds-updrs e o movimento rítmico em indivíduos acometidos pela doença de parkinson. Universidade de Brasília, 2015.
- COELHO, M. S.; PATRIZZI, L. J.; OLIVEIRA, A. P. R. de. Impacto das alterações motoras nas atividades de vida diária na doença de parkinson. **Revista Neurociências**, v. 14, n. 4, p. 178–181, 2006.
- COSTA, S. C. et al. Avaliação ergonômica de uma órtese ativa de punho para a reabilitação da rigidez em pessoas com a doença de parkinson. Universidade Federal de Uberlândia, 2020.
- FERREIRA, D. V. A.; OLIVEIRA, L. B. de; DIAS, M. J.; FIGUEIREDO, J. A. de O. Características clínicas e distúrbios motores encontrados em pacientes com a doença de parkinson: Revisão integrativa da literatura. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 8, n. 11, p. 3055–3077, 2022.
- FERREIRA, M.; BRANCO, M.; CATELA, D. Preservação de habilidades motoras através de estimulação funcional em idosos institucionalizados com alzheimer functional motor stimulation in institutionalized elderly with alzheimer’s disease. **Revista da UI_IPSantarém-Unidade de Investigação do Instituto Politécnico de Santarém**, p. 9–14, 2017.
- FOLETTTO, A. A. et al. Jogos sérios para reabilitação de movimentos finos utilizando interfaces naturais. Universidade Federal de Santa Maria, 2017.
- GALVÃO, M. C. B.; RICARTE, I. L. M. Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. **Logeion: Filosofia da informação**, v. 6, n. 1, p. 57–73, 2019.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- LUIZ, L. M. D. Metodologia para avaliação objetiva da bradicinesia na doença de parkinson. Universidade Federal de Uberlândia, 2022.
- MEDEIROS, L. M. d. Uma abordagem de monitoramento dos sinais motores da doença de parkinson baseada em jogos eletrônicos. Universidade Federal de Campina Grande, 2016.

- MONJE, M. H.; DOMÍNGUEZ, S.; VERA-OLMOS, J.; ANTONINI, A.; MESTRE, T. A.; MALPICA, N.; SÁNCHEZ-FERRO, Á. Remote evaluation of parkinson's disease using a conventional webcam and artificial intelligence. **Frontiers in Neurology**, Frontiers, p. 2064, 2021.
- MONTEIRO, E. P.; WILD, L. B.; MARTINEZ, F. G.; PAGNUSSAT, A. d. S.; PEYRÉ-TARTARUGA, L. A. Aspectos biomecânicos da locomoção de pessoas com doença de parkinson: revisão narrativa. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, SciELO Brasil, v. 39, p. 450–457, 2017.
- NETO, C. E. B. P. Efeitos da eletroestimulação transcraniana por corrente contínua em indivíduo com doença de parkinson: revisão sistemática. Faculdade de Medicina da Bahia, 2015.
- OPARA, J. A.; MAŁECKI, A.; MAŁECKA, E.; SOCHA, T. Motor assessment in parkinsons disease. **Annals of Agricultural and Environmental Medicine**, Instytut Medycyny Wsi, v. 24, n. 3, p. 411–415, 2017.
- ORGANIZATION, W. H. et al. Envelhecimento ativo: uma política de saúde. In: **Envelhecimento ativo: uma política de saúde**. [S.l.: s.n.], 2005. p. 60–60.
- POEWE, W.; SEPPI, K.; TANNER, C. M.; HALLIDAY, G. M.; BRUNDIN, P.; VOLKMANN, J.; SCHRAG, A.-E.; LANG, A. E. Parkinson disease. **Nature reviews Disease primers**, Nature Publishing Group, v. 3, n. 1, p. 1–21, 2017.
- ROCHA, M. S. G. Alterações posturais na doença de parkinson. **Revista Neurociências**, v. 23, n. 4, p. 475–476, 2015.
- ROMERO, D. E.; PIRES, D. C.; MARQUES, A.; MUZY, J. Diretrizes e indicadores de acompanhamento das políticas de proteção à saúde da pessoa idosa no brasil. **Revista Eletrônica de Comunicação, Informação e Inovação em Saúde**, v. 13, n. 1, 2019.
- SILVA, A. B. G.; PESTANA, B. C.; HIRAHATA, F. A. A.; HORTA, F. B. de S.; OLIVEIRA, E. S. B. E. Doença de parkinson: revisão de literatura. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 47677–47698, 2021.
- SILVA, R.; SILVA, J.; BIGOTTE, E.; AMARO, P. Dispositivo para o diagnóstico precoce da doença de parkinson a device for early parkinson disease diagnosis. 2015.
- SIMIÉLI, I.; PADILHA, L. A. R.; TAVARES, C. F. de F. Realidade do envelhecimento populacional frente às doenças crônicas não transmissíveis. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, n. 37, p. e1511–e1511, 2019.
- SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software. 9ª Edição, 2011. ed.** [S.l.]: Pearson Education–BR, 2011.
- STEIDL, E. M. dos S.; ZIEGLER, J. R.; FERREIRA, F. V. Doença de parkinson: revisão bibliográfica. **Disciplinarum Scientia| Saúde**, v. 8, n. 1, p. 115–129, 2007.
- VALENTE, M. T. Engenharia de software moderna. **Princípios e Práticas para Desenvolvimento de Software com Produtividade**, v. 1, p. 24, 2020.