

CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – TCC		
() PRÉ-PROJETO	(X) PROJETO	ANO/SEMESTRE: 2022/2

CAPTAÇÃO DE TREMORES UTILIZANDO DISPOSITIVO MÓVEL PARA MELHORAR O ACOMPANHAMENTO E DESENVOLVIMENTO DA DOENÇA DE PARKINSON

Christyelen Kramel

Prof. Dalton Solano dos Reis - orientador

1. INTRODUÇÃO

A Doença de Parkinson (DP) é uma doença neurológica que afeta os movimentos da pessoa. Ela ocorre por causa da degeneração das células situadas numa região do cérebro chamada substância negra. Essas células produzem a substância dopamina, que conduz as correntes nervosas (neurotransmissores) ao corpo. A falta ou diminuição da dopamina afeta os movimentos provocando alguns sintomas. De acordo com a Biblioteca Virtual em Saúde (2019), os sintomas da DP consistem em um aumento gradual dos tremores, aumento da lentidão de movimentos, arrastar os pés durante a caminhada, postura inclinada para frente, rigidez muscular, redução da quantidade de movimentos, distúrbios da fala, dificuldade para engolir, depressão, dores, tontura e distúrbios do sono, respiratórios e urinários.

[...] Os tremores afetam os dedos ou as mãos, mas podem também afetar o queixo, a cabeça ou os pés. Pode ocorrer num lado do corpo ou nos dois, e pode ser mais intenso num lado que no outro. O tremor ocorre quando nenhum movimento está sendo executado, e por isso é chamado de tremor de repouso. Por razões que ainda são desconhecidas, o tremor pode variar durante o dia. Torna-se mais intenso quando a pessoa fica nervosa, mas pode desaparecer quando está completamente descontraída. O tremor é mais notado quando a pessoa segura com as mãos um objeto leve como um jornal. Os tremores desaparecem durante o sono. (BIBLIOTECA VIRTUAL EM SAÚDE, 2019).

Os tremores e a rigidez muscular comprometem as atividades diárias realizadas pelas pessoas que possuem a DP. A DP pode ser tratada, combatendo os sintomas e retardando o progresso da doença, já que ainda não possui uma cura, trazendo uma qualidade de vida maior aos pacientes. A utilização de um aplicativo para realizar o acompanhamento diário dos tremores da DP possibilita a visualização do desenvolvimento da doença, assim podendo ser indicado um tratamento e acompanhamento mais preciso ao paciente. Nos dias atuais, a tecnologia vem sendo cada vez mais aplicada para facilitar o dia a dia da população e os dispositivos móveis já se fazem presente diariamente na vida das pessoas, facilitando assim a introdução de um aplicativo para o monitoramento dos sintomas da DP.

Como mencionado anteriormente, os tremores são um dos sintomas diagnosticados da DP. Vendo essa característica, a proposta desse projeto é de um aplicativo para os dispositivos móveis que proporcione uma medição de tremores ocasionados pela DP. Essas medições serão feitas pelo próprio paciente, facilitando a utilização e gerando um histórico de avanço da doença.

1.1. OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é disponibilizar um aplicativo para captação de tremores baseado no acelerômetro e giroscópio de um dispositivo móvel.

Os objetivos específicos são:

- a) avaliar se os recursos dos smartphones permitem a medição dos tremores;
- b) realizar o armazenamento dos resultados obtidos pelos sensores do smartphone;
- c) recomendar atividades diárias de monitoramento do avanço da doença de Parkinson para o usuário.

2. TRABALHOS CORRELATOS

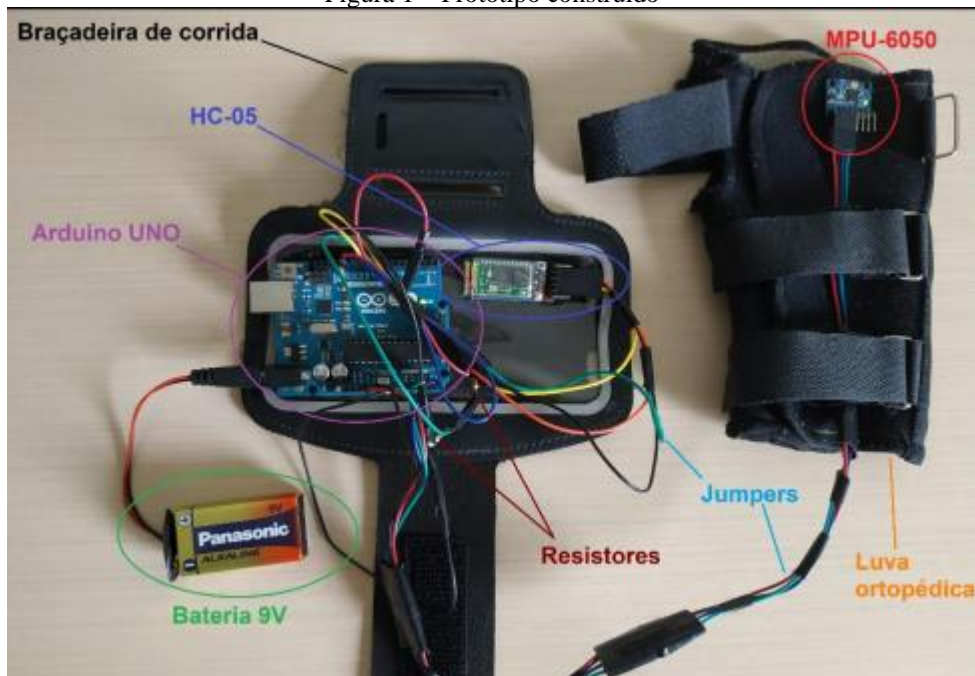
A seguir são apresentados três trabalhos correlatos. Na seção 2.1 será abordado o trabalho de Generoso (2019), que descreve um método de medição de tremores para pacientes com Parkinson utilizando Arduino Uno. Na seção 2.2 será descrito o trabalho de Jacintho (2019), que consiste em um protótipo que utiliza o sensor Leap Motion para quantizar os tremores de pacientes com a Doença de Parkinson. Por fim, o trabalho de Hui (2017), que utiliza os métodos de sensoriamento compacto para realizar o reconhecimento de atividade humana usando acelerômetro tri-eixo em dispositivo móvel.

2.1. APLICAÇÃO DE SENSORES INERCIAIS PARA QUANTIFICAÇÃO DE TREMORES INVOLUNTÁRIOS NAS MÃOS DE PORTADORES DA DOENÇA DE PARKINSON

O trabalho de Generoso (2019) propõe quantificar os tremores involuntários usando uma plataforma de prototipação e sensores inerciais, com o objetivo de possibilitar por meio quantitativo, a realização de acompanhamentos no decorrer do tratamento da doença. Foi utilizada a combinação de hardware e software para obter os resultados e apresentá-los em tempo real para o usuário.

Generoso (2019) realizou a criação de um protótipo (Figura 1) utilizando Arduino Uno, uma placa MPU-6050, um módulo bluetooth HC-05, uma luva ortopédica e uma braçadeira de corrida para realizar a leitura dos tremores involuntários. O protótipo foi acoplado na mão direita dos pacientes, e enviava os dados obtidos via bluetooth para um aplicativo que foi desenvolvido para dispositivos móveis, permitindo a visualização em tempo real dos resultados obtidos sendo apresentados em gráficos.

Figura 1 – Protótipo construído



Fonte: Generoso (2019).

O aplicativo foi desenvolvido usando a IDE Android Studio e a linguagem Java. O aplicativo realiza a busca do bluetooth do dispositivo HC-05 assim que a opção Nova coleta de dados é selecionada e utiliza uma senha padrão para realizar o pareamento. Os testes realizados foram feitos em três etapas com posições de medição diferente que duraram dez segundos cada. As posições eram todas com os pacientes sentados. A primeira posição requeria que o paciente estendesse o braço e mantê-lo, a segunda posição era com o braço apoiado e a terceira era utilizando um peso, realizando o movimento de levá-lo até a boca para a simulação de beber água.

Os dados obtidos a partir do Cálculo de Variação (CV), apresentam que o uso de peso teve influência para aumentar os tremores em 55% dos casos. Os testes em que o paciente mantém o cotovelo apoiado, apresentou um pouco de diminuição de tremores nos pacientes comparado com os testes com o braço estendido, os cálculos realizados por meio do CV apresentaram diminuição dos tremores em 80% dos casos.

Alguns problemas foram encontrados por Generoso (2019) durante o desenvolvimento do trabalho, um deles foi quando Generoso (2019) tentou realizar o pareamento dos dispositivos de forma automática e sem intervenção do usuário, mas não era permitido, então após conectar-se com o bluetooth automaticamente, utilizou-se uma senha padrão, pois é necessário o usuário inserir a senha de pareamento com o HC-05.

Outra situação encontrada por Generoso (2019) foi que após a realização dos experimentos com os voluntários, percebeu-se que os valores offset não foram aplicados nos valores lidos dos sensores devido a linha no código estar comentada, para solucionar o problema teve que ser realizado o experimento novamente, aplicando o valor do offset, porém um paciente faltou, fazendo com que ficasse sem valor no offset dele, no entanto, segundo Generoso (2019), a análise dos resultados tem como base a variação dos dados em relação a sua média para identificar os tremores, o ângulo em que os dados foram coletados (com offset ou sem offset) não tem influência sobre o resultado. Os equipamentos utilizados mostraram-se suficientes para quantificar os tremores de portadores da Doença de Parkinson (DP).

2.2. PROTÓTIPO PARA CAPTURA E QUANTIZAÇÃO DOS TREMORES DA DOENÇA DE PARKINSON

O trabalho de Jacintho (2019) tem o propósito de ajudar a analisar os sintomas da Doença de Parkinson (DP). Para realizar essa análise, o autor desenvolveu um protótipo usando o dispositivo Leap Motion para capturar e quantizar os tremores, que são um dos sintomas mais comuns encontrados em pacientes que possuem a DP. O Leap Motion possui internamente três sensores infravermelhos e duas câmeras que retornam diversas informações, sendo algumas delas os eixos x, y e z, velocidade de cada eixo, entre outras, capturando os movimentos nos eixos x, y e z.

Jacintho também desenvolveu de um programa que realiza a normalização das informações em uma única captura e aplica uma interpolação. Por fim, é realizada uma análise espectral através da Fast Fourier Transform (FFT), convertendo a frequência em hertz. A FFT pode ser utilizada para a análise espectral e simulação de filtro de sinais, sendo uma forma eficiente de computar a transformada discreta de Fourier (DFT) de uma série de tempo (COCHRAN, 1967).

De acordo com Jacintho (2019), sete pacientes que possuíam a DP participaram do experimento. O teste necessitava que os pacientes colocassem o braço sobre uma superfície retangular com altura de 15cm, a fim de padronizar a altura da mão em relação ao sensor, Leap Motion. Assim, o braço ficava totalmente em repouso, sofrendo apenas a atuação da gravidade enquanto a mão ficava descoberta e visível para o sensor, conforme mostra a Figura 2.

Figura 2 – Cenário de teste



Fonte: Jacintho (2019).

Os testes foram realizados obtendo a captura dos tremores, que aconteceu a partir de uma série de três amostras de dez segundos por paciente, totalizando vinte e uma amostras coletadas. O autor subdividiu em três níveis de classificação de tremor, sendo estes intenso (frequências acima de 7Hz), moderado (frequências entre 4 e 7Hz) e estável (frequências abaixo de 4Hz). O teste analisou os tremores e quais os medicamentos são usados pelos pacientes e sua última dose ingerida.

Jacintho (2019) concluiu que o protótipo é capaz de capturar e quantizar os tremores de pacientes, ou futuros pacientes da DP. Também comenta possíveis melhorias para o protótipo como habilitar um histórico exclusivo do paciente, ou a melhora do processo de captura, para possuir um retorno visual do processo sendo realizado.

2.3. COMPRESSED SENSING METHOD FOR HUMAN ACTIVITY RECOGNITION USING TRI-AXIS ACCELEROMETER ON MOBILE PHONE

O trabalho de Hui (2017) propõe um método de sensoriamento compactado (explora os princípios de esparsidade para encontrar uma representação dos dados em que menos amostras são necessárias (COSMOSAT, 2022) para reconhecer as atividades humanas. Ele se baseia no método do sensoriamento compacto e utiliza tanto informações de posicionamento dos dispositivos quanto dados brutos de acelerômetros de dispositivos móveis.

De acordo com Hui (2017), o método criado usa dados para diferentes posicionamentos de telefone para construir a matriz de dicionário over-complete (o qual fornece maior flexibilidade na captura de estruturas de baixa dimensão nos dados (QU, 2019), o que resulta em uma matriz deste dicionário, mais suficiente com mais informações de atividades. Isso pode facilitar uma melhor solução do coeficiente esparsa para melhorar a taxa de reconhecimento de atividade com base na teoria de detecção compactada. Em segundo lugar, utiliza dados brutos de aceleração de três eixos amostrados pelo acelerômetro do telefone móvel para construir a matriz, reduzindo o tempo de cálculo e o consumo de energia, o que resulta em um melhor desempenho de reconhecimento e é valioso para aplicativos de dispositivos móveis.

O processo de reconhecimento de atividade segue as três etapas. A primeira etapa se faz pela construção de uma matriz de dicionário over-complete A por meio de amostras de treinamento suficientes de diferentes atividades e posicionamentos de telefone. A segunda etapa é a projeção de observação aleatória para a matriz de dicionário completa A e qualquer amostra de teste y (qualquer dado observado) que precise ser reconhecida e, em seguida, avaliação do coeficiente esparsos. E, por fim, a terceira etapa que realiza o cálculo do valor residual entre y e o vetor de amostra de treinamento para cada atividade e seleção da atividade que é representada pelo valor residual mínimo como a atividade para a amostra de teste (HUI, 2017).

Para os testes foi desenvolvido um programa para smartphones Android, que coletavam dados de aceleração de três eixos para o experimento. Foram selecionados cinco tipos de atividade (em pé, caminhar, correr, subir escadas e descer escadas), e coletados dados de 12 indivíduos (6 homens e 6 mulheres) cujas idades variou de 22 a 53 anos. Para o posicionamento dos dispositivos, foi requisitado que os indivíduos carregassem o celular em três lugares (na mão, no bolso da calça e na bolsa).

Foram coletados dados de aceleração para cada atividade com duração de 10s contínuos, sendo repetidos 10 vezes para a exclusão de erros. Totalizando 15 combinações de atividade e posicionamento do dispositivo móvel, com dois experimentos em ambiente de simulação Matlab. Primeiramente calculando a taxa de reconhecimento de diferentes atividades, utilizando quatro matrizes de observação (matriz aleatória de Gauss, matriz aleatória de Bernoulli, matriz aleatória esparsa e matriz aleatória de Hadamard). O próximo passo foi calcular a taxa de reconhecimento de atividades alcançadas por um método de reconhecimento que não usa informações de localização, o objetivo desse passo foi avaliar o benefício do uso das informações de posicionamento dos telefones celulares para o reconhecimento das atividades realizadas.

Os resultados experimentais, segundo Hui (2017), mostraram que o método proposto pode atingir uma precisão de reconhecimento da atividade humana de até 89,86% para cinco atividades humanas com três posicionamentos, e que a matriz aleatória Gaussiana é a melhor escolha para o método proposto. Foi utilizada uma tabela de confusão (Tabela 1) para examinar os resultados experimentais com mais detalhes.

Tabela 1 – Tabela de confusão para uso de matriz aleatória Gaussiana com taxa de compressão de 100%

Activity	Placement	Standing			Walking			Running			Walking upstairs			Walking downstairs		
		P_1	P_2	P_3	P_1	P_2	P_3	P_1	P_2	P_3	P_1	P_2	P_3	P_1	P_2	P_3
Standing	P_1	116	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P_2	2	115	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P_3	1	0	116	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Walking	P_1	3	0	0	108	0	0	0	0	0	1	0	5	0	0	0
	P_2	0	0	0	4	100	0	0	0	0	0	0	3	0	10	0
	P_3	0	0	0	0	0	107	0	0	3	0	0	5	0	2	0
Running	P_1	0	0	0	0	0	6	101	0	6	0	0	0	0	0	4
	P_2	0	0	0	0	7	0	2	105	0	0	0	0	0	3	0
	P_3	0	0	0	0	0	0	9	0	103	2	0	0	0	0	3
Walking upstairs	P_1	0	0	0	3	0	5	0	0	0	100	0	2	0	3	4
	P_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	98	0	9	9	0
	P_3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	107	0	0	9
Walking downstairs	P_1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	8	0	99	0	8
	P_2	0	0	0	5	0	0	0	0	0	3	7	0	0	102	0
	P_3	0	0	0	0	0	6	0	2	0	0	0	4	5	0	100

Fonte: Hui (2017).

A Tabela 1 lista os resultados de reconhecimento específicos dos cinco tipos de atividade com os três posicionamentos ao usar a matriz aleatória Gaussiana com uma taxa de compressão de 100%. Na tabela 1 os valores de P_1, P_2 e P_3 representam os três posicionamentos, na mão, bolso da calça e bolsa, respectivamente. A curva dos dados de aceleração para a atividade em pé difere significativamente daquelas dos dados de aceleração para as quatro atividades restantes, sendo assim a taxa de reconhecimento do tipo de atividade em pé é a mais alta, enquanto a taxa de reconhecimento dos demais tipos é menor.

No entanto, as curvas dos dados de aceleração para as atividades de caminhar, correr, subir escadas e descer escadas têm algumas semelhanças de graus variados. Assim, eles podem evitar o problema de similaridade nos dados brutos de aceleração. O método de detecção compactado que foi usado utiliza de dados brutos de aceleração diretamente para calcular os coeficientes esparsos para reconhecer a atividade, diferentemente dos métodos tradicionais que extraem recursos de dados brutos de aceleração e usam esses recursos para reconhecer a atividade.

Como extensão do trabalho o autor comenta que está cogitando a ideia de realizar experimentos com os conjuntos de dados em grande escala, com a utilização da metodologia de aprendizagem de transferência para avaliar mais atividades humanas e posicionamentos do telefone.

3. PROPOSTA DO APLICATIVO

Nesta seção será apresentada a relevância do trabalho na área da saúde, os principais requisitos, finalizando com a metodologia e o cronograma para o desenvolvimento do projeto.

3.1. JUSTIFICATIVA

A Doença de Parkinson (DP), segundo Chou (2020), é considerada a segunda enfermidade neurodegenerativa mais comum na população idosa, somente atrás da Doença de Alzheimer. De acordo com o IBGE (2021), a parcela de pessoas com sessenta anos ou mais passou de 22,3 milhões para 31,2 milhões, crescendo 39,8% no período de 2012 a 2021. Na população total do Brasil, a porcentagem que equivale aos idosos totaliza em 14,7%. A DP se manifesta principalmente nessa faixa etária e a preocupação com o tratamento e acompanhamento da doença se faz necessário. Segundo Magalhães (2019), no Brasil, estima-se que 200 mil pessoas sofram com o problema.

A utilização de um aplicativo capaz de captar os tremores da Doença de Parkinson na área da saúde pode ser uma ótima abordagem para um acompanhamento mais preciso do avanço da doença nos pacientes, possibilitando uma melhora no tratamento da doença. Sem haver a necessidade de aparelhos específicos e de outra pessoa para realizar a medição, tornando o uso simplificado. As medições podem ser feitas na própria casa do usuário, trazendo maior comodidade e menos custos, comparando por exemplo, com o trabalho correlato de Generoso (2019), que necessita do protótipo criado para realizar as medições.

O foco do aplicativo não é diagnosticar a DP, pois o diagnóstico da doença requer uma avaliação clínica, mas sim disponibilizar um histórico das medições para que os pacientes possam acompanhar com seus médicos a evolução de seus tremores. Os médicos também poderão indicar a utilização do aplicativo para pessoas que ainda não foram diagnosticadas com a DP, facilitando a descoberta por alterações nos históricos de captação, podendo ser logo no início dos sintomas, possibilitando uma qualidade de vida melhor ao decorrer do desenvolvimento da doença.

Diante disso serão utilizados os sensores do próprio dispositivo móvel para a coleta dos dados e o motor de jogos Unity para o desenvolvimento do aplicativo que fará a leitura das informações repassadas pelos sensores do dispositivo móvel e retorná-las para o usuário final.

Conforme detalhado no Quadro 1, todos os trabalhos implementam conceitos de captação de movimentos, porém utilizando sensores e tendo objetivos diferentes. O trabalho correlato de Hui (2017) implementa um sistema para detecção de atividade humana, com um acelerômetro tri-eixo em um dispositivo móvel para avaliar os movimentos, sendo voltado para a segurança do usuário utilizando método de sensoriamento compactado. O trabalho de Generoso (2019) dentre os correlatos é o único a não utilizar o acelerômetro e giroscópio diretamente de um dispositivo móvel, criando um protótipo para as captações de tremores de Parkinson, que possui histórico. Já o trabalho de Jacintho (2019) apresenta a utilização do sensor Leap Motion para a medição de tremores em pacientes que possuem a DP, classificando estes em três níveis podendo assim quantizar os tremores.

Quadro 1 - Comparativo dos trabalhos correlatos

Características \ Trabalhos Correlatos	Generoso (2019)	Jacintho (2019)	Hui (2017)
forma de captura do tremor/movimento	protótipo criado pelo autor	Leap Motion	sensores do smartphone
técnica / algoritmos para detecção do tremor	Jeff Rowberg	Transformada de Hilbert	matriz de observação aleatória
utiliza dispositivo móvel	sim	não	sim
mantém histórico de medições	sim	não	não
utilizado para o tratamento da doença de Parkinson	sim	sim	não

Fonte: elaborado pela autora.

3.2. REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO

Os Requisitos Funcionais (RFs) e os Requisitos Não Funcionais (RNFs) do aplicativo são:

- captar os tremores utilizando acelerômetro e giroscópio a partir do smartphone (RF);
- disponibilizar um histórico de medições (RF);
- disponibilizar um cadastro de usuário (RF);
- realizar acompanhamento da evolução dos sintomas (RF);
- permitir o usuário visualizar as capturas realizadas à medida que estão sendo realizadas (RF);
- ter compatibilidade com o Android e iOS (RNF);
- utilizar o motor de jogos Unity para realizar o desenvolvimento do aplicativo (RNF);
- utilizar a linguagem de programação C# (C Sharp) para o desenvolvimento do aplicativo (RNF).

3.3. METODOLOGIA

O trabalho será desenvolvido observando as seguintes etapas:

- pesquisa bibliográfica do hardware: pesquisar sobre como é o funcionamento dos sensores dos dispositivos móveis e como os dados são extraídos;
- pesquisa bibliográfica da solução: pesquisar sobre a Doença de Parkinson e seus níveis de tremores;
- reavaliação de requisitos: refinar os requisitos para obter o alcance de todos os objetivos descritos;
- especificação: realizar modelagem do diagrama de classes e sequência a ser utilizado no projeto do aplicativo seguindo os padrões Unified Modeling Language (UML) fazendo uso da ferramenta Draw.io;
- implementação: utilizar o ambiente de desenvolvimento Visual Studio Code juntamente com o motor de jogos Unity e a linguagem de programação C# para realizar a programação do aplicativo que realizará a captação de tremores do paciente utilizando os resultados obtidos pelos sensores do smartphone, armazenando a informação em um histórico clínico;
- deploy do aplicativo: fazer o *deploy* do aplicativo na loja da PlayStore (Google);
- testes do aplicativo: testar as funcionalidades do aplicativo para garantir o bom funcionamento;
- testes em campo: testar a usabilidade do aplicativo com usuários que possuem a Doença de Parkinson (DP) com o acompanhamento de um especialista na área.

As etapas serão realizadas nos períodos relacionados no Quadro 2.

Quadro 2 – Cronograma de atividades a serem realizadas

etapas / quinzenas	2023									
	fev.		mar.		abr.		maio		jun.	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
pesquisa bibliográfica do hardware										
pesquisa bibliográfica da solução										
reavaliação de requisitos										
especificação										
implementação										
deploy do aplicativo										
testes do aplicativo										
testes em campo										

Fonte: elaborado pela autora.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste projeto são fundamentadas bibliografias sobre a Doença de Parkinson (DP), sensores presentes em dispositivos móveis e a utilização de Unity para a criação do aplicativo, recebendo os dados dos sensores e os transformando em informações utilizáveis em consultas médicas de acompanhamento.

4.1. DOENÇA DE PARKINSON

A Doença de Parkinson (DP) é uma doença comum, acometendo 2 em cada 100 pessoas acima dos 65 anos (MOREIRA *et al.*, 2007), afetando a qualidade de vida dessas pessoas. Na maior parte dos casos a doença surge em idade avançada e o diagnóstico para esses casos é essencialmente clínico.

A valorização da anamnese e a observação dos sinais clínicos são os pontos-chave para um correto diagnóstico. Nesses pacientes prevalece a tétade clássica da DP (tremor de repouso, bradicinesia, diminuição do reflexo postural e rigidez) e a rápida identificação dessas manifestações é fundamental para uma intervenção terapêutica precoce e que garanta qualidade de vida ao portador (MOREIRA *et al.*, 2007).

4.2. SENSORES DO SMARTPHONE

Os dispositivos móveis atuais possuem alguns sensores como o face ID, barômetro, giroscópio e acelerômetro. O foco desse trabalho está nos sensores de acelerômetro e giroscópio. Os acelerômetros são sensores que medem aceleração de um objeto. De acordo com Figueiredo *et al.* (2007, p. 1) “a aceleração é uma medida de quão rapidamente a velocidade varia e pode ser obtida segundo uma, duas ou três direções, utilizando acelerômetros uni, bi e tri axiais, respectivamente”. “Os acelerômetros não medem somente aceleração, mas também inclinação, rotação, vibração, colisão e gravidade” (FIGUEIREDO *et al.*, 2007, p. 1).

Os sensores do giroscópio medem a velocidade angular do dispositivo em rad/s. Os giroscópios MicroEletroMecânica (MEM) consistem em componentes semelhantes aos acelerômetros, mas medem uma força de Coriolis. Quando um giroscópio é girado, a massa se desvia da direção em que estava vibrando originalmente e se move ao longo de um eixo diferente. As placas do capacitor na estrutura e a massa em movimento detectarão eletricamente a mudança e relatarão a diferença. Quando o dispositivo estiver em repouso, todos os três eixos do sensor informarão zero (BERTKO, 2017).

4.3. UNITY

Segundo Haas (2014), o Unity (também conhecido como Unity3D) é um mecanismo de jogo e ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) para criação de mídia interativa e videogame. Haas (2014) afirma que uma das razões pela qual o Unity se tornou tão popular é sua capacidade de implantar em uma ampla variedade de plataformas de destino, usando o mesmo código e recursos. O Unity permite a criação de diversas aplicações, não sendo utilizado somente para a criação de jogos.

REFERÊNCIAS

- BERTKO, Michael. **Android game based on motion sensors**, 2017. 41 f. Tese de Bacharelado, Masaryk University Faculty of Informatics.
- BIBLIOTECA VIRTUAL EM SAÚDE. **Doença de Parkinson**. [S.l.], [2019]. Disponível em: <https://bvsmis.saude.gov.br/doenca-de-parkinson/>. Acesso em: 24 ago. 2022.
- CHOU, K. L. **Clinical manifestations of Parkinson disease**. UpToDate, fev. 2020. Disponível em: https://www.uptodate.com/contents/clinical-manifestations-of-parkinson-disease?search=doenca%20de%20parkinson&source=search_result&selectedTitle=1~150&usage_type=default&display_rank=1. Acesso em: 04 set. 2022.
- COCHRAN, William T. et al. What Is the Fast Fourier Transform? **Proceedings Of The IEEE**, Torino, v. 55, n. 10, p.1664-1674, out. 1967. Anualmente.
- COSMOSAT. **Sparsity and Compressed Sensing**. Disponível em: <https://www.cosmostat.org/research-topics/sparsity-and-compressed-sensing>. Acesso em: 25 set. 2022.
- FIGUEIREDO, Ligia J. *et al.* **Aplicações de Acelerômetro**. Lisboa: [s.n.], 2007.
- GENEROSO, Maurício M. **Aplicação de sensores inerciais para quantificação de tremores involuntários nas mãos de portadores da doença de Parkinson**, 2019. 136 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação), Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.
- HAAS, John K. **A History of the Unity Game Engine**. Worcester Polytechnic Institute, 2014. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/212986458.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2022.
- HUI, Song. Compressed sensing method for human activity recognition using tri-axis accelerometer on mobile. **The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications**, Xi'an, v. 24, n. 2, p. 31-37, 71, abr. 2017.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População cresce, mas número de pessoas com menos de 30 anos cai 5,4% de 2012 a 2021**. [S.l.], [2021]. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/34438-populacao-cresce-mas-numero-de-pessoas-com-menos-de-30-anos-cai-5-4-de-2012-a-2021#:~:text=A%20popula%C3%A7%C3%A3o%20total%20do%20pa%C3%ADs,39%2C8%25%20no%20per%C3%ADodo>. Acesso em: 01 out. 2022.
- JACINTHO, Juan Carlos. **Protótipo para captura e quantização dos tremores da doença de Parkinson**, 2019. 6 f., il. Artigo Científico (TCC) (Graduação em Ciência da Computação) - Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2019. Disponível em: http://www.bc.furb.br/docs/AC/2019/367324_1_1.pdf. Acesso em: 25 set. 2022.
- MAGALHÃES, Ana B. **Dia Mundial de Conscientização da Doença de Parkinson**. 2019. Disponível em: <https://bvsmis.saude.gov.br/dia-mundial-de-conscientizacao-da-doenca-de-parkinson/>. Acesso em: 24 ago. 2022.
- MOREIRA, C. S. *et al.* (2007). **DOENÇA DE PARKINSON: COMO DIAGNOSTICAR E TRATAR**. Revista Científica Da Faculdade De Medicina De Campos, 2(2), 19–29. Disponível em: <http://www.fmc.br/ojs/index.php/RCFMC/article/view/153/121>. 153. vol.2. n2. 2007. Acesso em: 24 ago. 2022.
- QU, Q. *et al.* **Analysis of the optimization landscapes for overcomplete representation learning**. ArXiv, 2019. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/1912.02427.pdf>. Acesso em: 20 set. 2022.