

Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Engenharia
Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação



**Aplicação de reconhecimento de padrões em dados de sensor
acelerômetro utilizando grafo geométrico em sistema de
microcontrolador embarcado**

Relatório 1 de Atividades PFC 1

Orientador: Vitor Angelo
Aluno: João Pedro Miranda Marques
Matrícula: 2017050495

1 Resumo

Esse trabalho de projeto de final de curso se dedica à implementação do algoritmo de reconhecimento de padrões por meio de grafo geométrico, utilizando-se especificamente do Grafo de Gabriel.[1].

A aplicação será classificar movimentos de um objeto. Para isso faz-se o uso de uma placa de desenvolvimento do microcontrolador ESP32 e um sensor acelerômetro a ser escolhido. O protótipo desenvolvido deverá reconhecer qual movimento foi aplicado ao objeto e exercer uma atuação a partir disso.

No semestre anterior validamos o uso do algoritmo do grafo de Gabriel para a separação de regiões em duas dimensões. Para essa validação foi utilizado o exemplo de teste utilizado na própria documentação do grafo e obtivemos os mesmos resultados.

Nesse projeto a quantidade de dimensões a ser utilizada nas amostras de dados será maior. O grafo de Gabriel apresenta complexidade exponencial com relação a dimensão do dado de entrada. Por esse motivo a ideia é fazer o treinamento do grafo em um computador pessoal e implementa-lo no microcontrolador para fazer as devidas inferências.

2 Introdução

Nesta etapa do projeto fiz testes com dois sensores acelerômetros:

MMA8452 e MPU6050

Como resultado optei por utilizar o sensor MPU6050 por sua grande variedade de bibliotecas, baixo custo, 16 bits de resolução e, principalmente, por possuir sensor acelerômetro e giroscópio em um mesmo chip MEMS¹.

O Microcontrador ESP32 e o sensor acelerômetro foram colados em uma pequena caixa onde futuramente pode ser adicionado uma bateria. Podemos ve-lo na Figura 1.



Figura 1: Protótipo

3 Desenvolvimento

3.1 Análise visual

Foram recolhidos dados de amostra para:

- vibração nos eixos X, Y e Z
- movimento circular no eixo Z
- movimento de rotação em torno de um ponto fora do objeto no eixo Y. (Gira e volta)

A aquisição de dados foi feita num período de 50ms.

Nas figuras abaixo vemos os dados recolhidos. Em cada imagem temos 6 gráficos referentes respectivamente à aceleração 3 eixos e giroscópio nos 3 eixos. Podemos também ver que tivemos etapas de resolução do movimento e etapas de repouso.

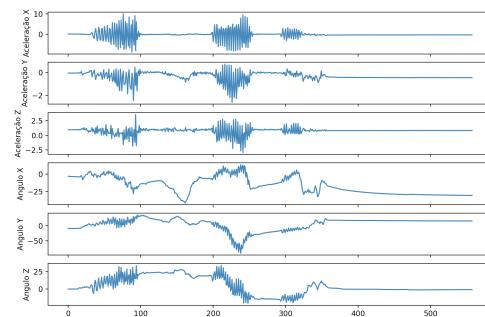


Figura 2: Vibração no eixo X

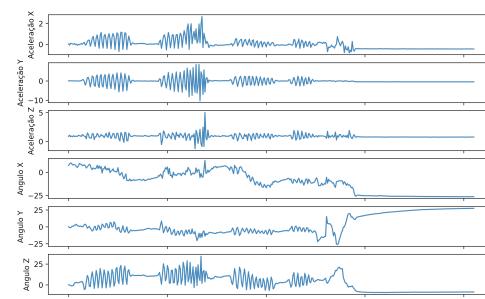


Figura 3: Vibração no eixo Y

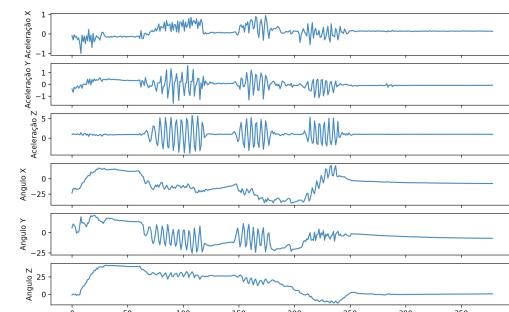


Figura 4: Vibração no eixo Z

¹MEMS: Micro Eletro Mechanical System..

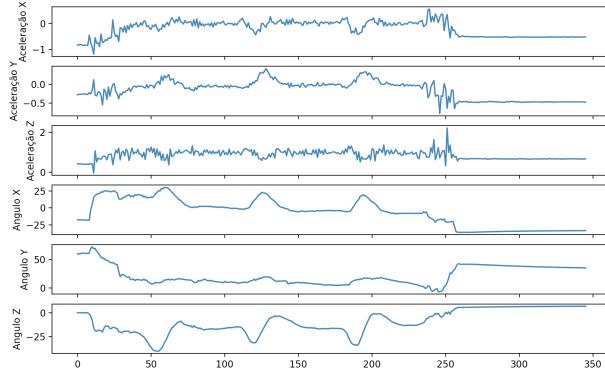


Figura 5: Movimento circular no eixo Z

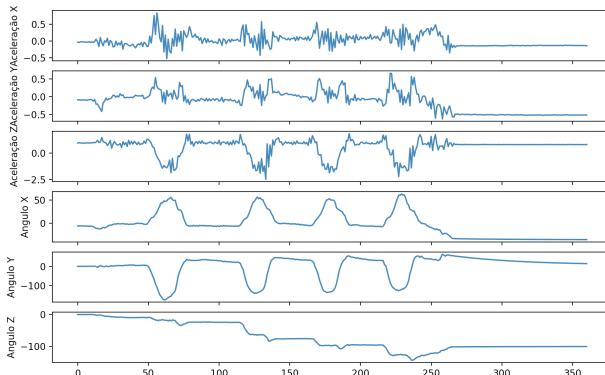


Figura 6: Gira e Volta no eixo Y

3.2 Tratamento dos dados recolhidos

Primeiramente foi classificado cada comportamento de curva de acordo com seu respectivo movimento associado.

Com isso resultamos com um arquivo csv onde cada linha é um valor amostrado no tempo e contendo as seguintes colunas:

- AccX (aceleração no eixo X)
- AccY (aceleração no eixo Y)
- AccZ (aceleração no eixo Z)
- AngX (rotação no eixo X)
- AngY (rotação no eixo Y)
- AngZ (rotação no eixo Z)
- Class (classificação do movimento)

Abaixo vemos uma amostra de cada tipo de movimento classificado.

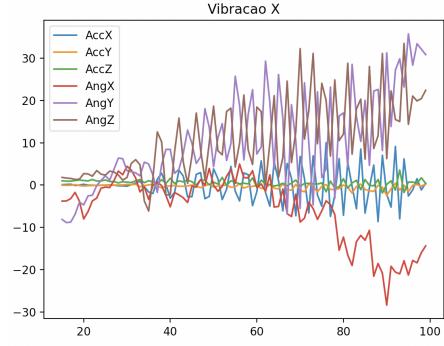


Figura 7: sample VibracaoX

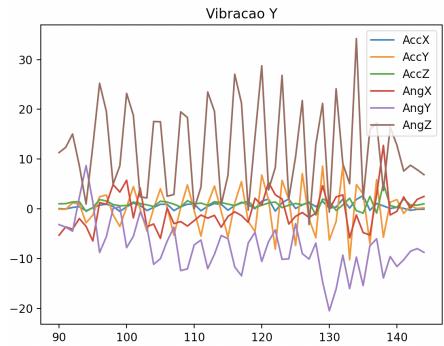


Figura 8: sample VibracaoY

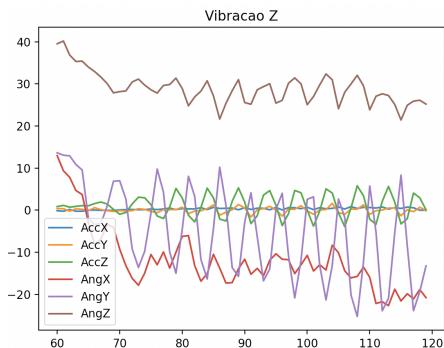


Figura 9: sample VibracaoZ

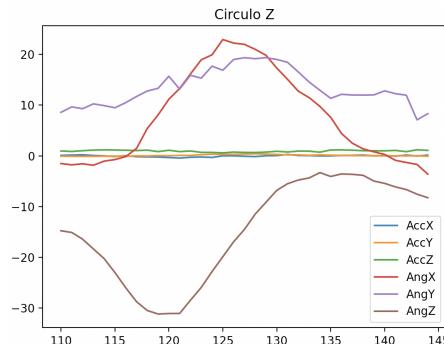


Figura 10: sample CirculoZ

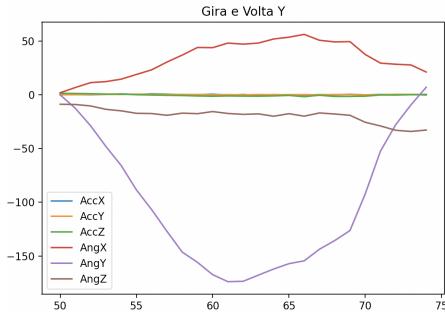


Figura 11: sample GiraeVoltaY

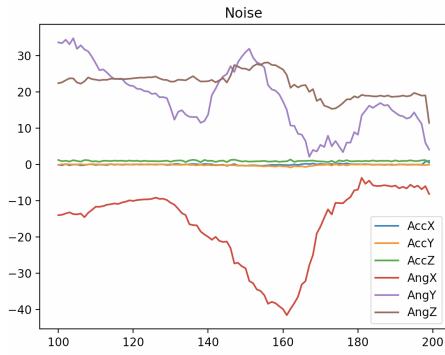


Figura 12: sample Noise

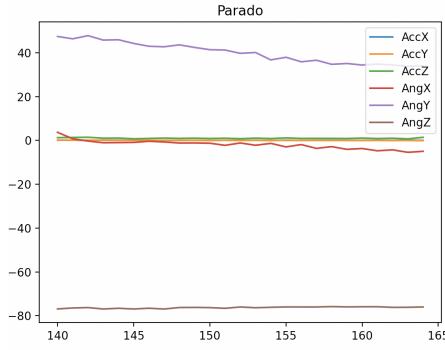


Figura 13: sample Parado

Analisando visualmente já podemos perceber que:

- sinais com maior amplitude alta e frequência alta tendem a ser movimentos de vibração. Definindo qual eixo temos uma amplitude maior que as demais sabemos qual eixo o movimento foi destinado.
- sinais com amplitude alta em baixas frequências tendem a ser movimento de envolvem rotação. Definindo o formato da onda conseguimos diferenciar movimento de GiraeVolta de movimentos de Circulo.
- Sinais estáveis definem se o objeto está parado. De acordo com seus valores também podemos saber a posição de repouso.

- Sinais ruidosos são bem comuns em sensores MEMS e por isso não podem ser associados à algum tipo de movimento.

3.2 Análise estatística dos dados

Primeiramente analisei a distribuição de amostras que temos. Podemos ver no gráfico de Figura 14 que essa distribuição está desbalanceada. Temos mais amostras de movimento parado.

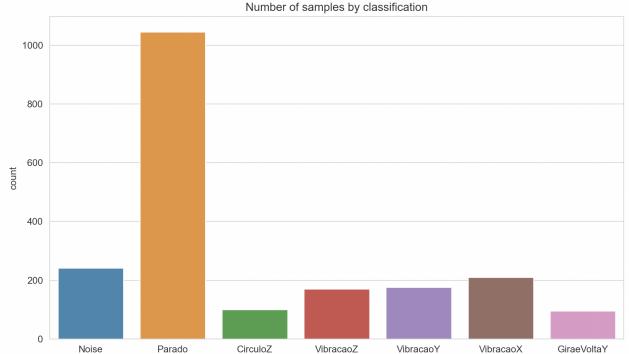


Figura 14: sample Distribution

Também foi realizado a distribuição de densidade dos dados em cada eixo do sensor para todos os movimentos em questão.

As Figuras 15, 16 e 17 representam os dados recolhidos nos eixos do acelerômetro. Nas elas vemos que o movimento de vibração nos eixos correspondentes apresentam dados muito mais distribuídos.

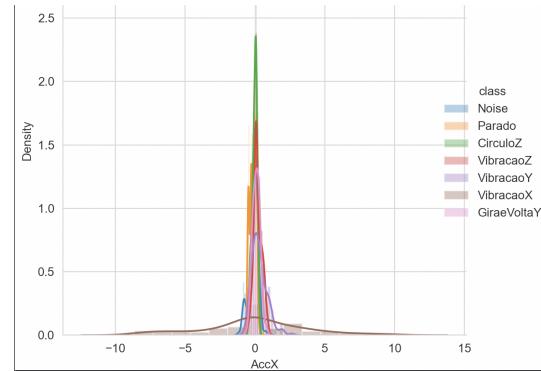


Figura 15: AccX distribution

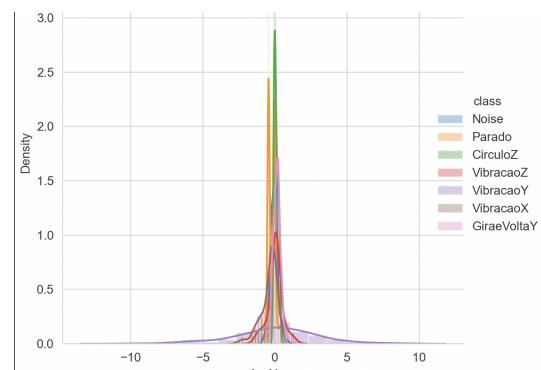


Figura 16: AccY distribution

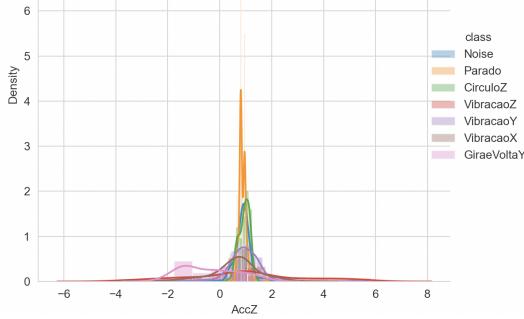


Figura 17: AccZ distribution

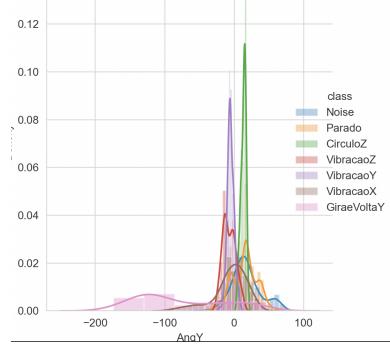


Figura 19: AngY distribution

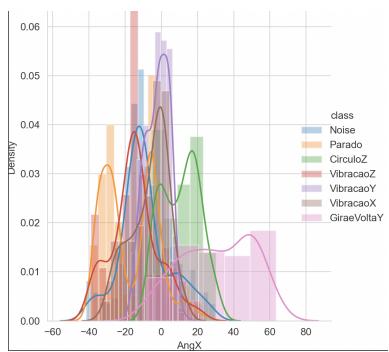


Figura 18: AngX distribution

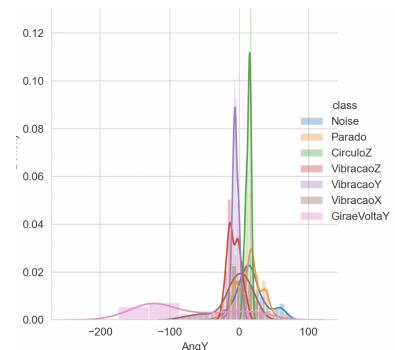


Figura 20: AngY distribution

4 Conclusões

Nas próximas etapas irei me dedicar a captar uma maior quantidade de dados para cada tipo de movimento que irei utilizar. Além disso, definir quais características são mais separáveis e com baixo custo computacional para serem utilizadas pelo grafo de gabriel.

Referências

- [1] Luiz C. B. Torres et al. “Large Margin Gaussian Mixture Classifier With a Gabriel Graph Geometric Representation of Data Set Structure”. Em: *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems* 32.3 (mar. de 2021), pp. 1400–1406. ISSN: 2162-2388. DOI: [10.1109/TNNLS.2020.2980559](https://doi.org/10.1109/TNNLS.2020.2980559).