

## 1. Project name

### Sistema de identificação de falhas em rolamentos

## 2. Team member names, number (if applicable) and, Institution

**Iron Pereira Haemmerle** - IFSP Campus Guarulhos

**João Victor Prado de Souza** - IFSP Campus Guarulhos

**Rodrigo Rech** - IFSP Campus São Paulo

**Rogério Daniel Dantas** - IFSP Campus Guarulhos

## 3. Project Objectives (Goal) - short description

Desenvolver um sistema de identificação de falha em rolamentos utilizando sensor do tipo acelerômetro.

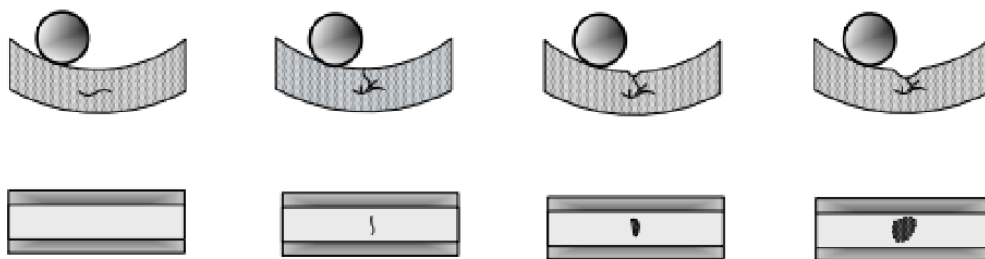
## 4. Longer project description

Rolamentos são dispositivos para transmissão de movimentos rotacionais ou lineares, com finalidade de redução de atrito entre partes móveis. Em geral, os rolamentos são compostos de dois anéis, elementos rolantes e uma gaiola, sendo classificados como rolamentos radiais ou axiais, dependendo da direção da carga principal. Os rolamentos também são classificados, em função do tipo de elemento rolante, como rolamentos de esferas e rolamentos de rolos, que podem assumir forma cilíndrica, de agulhas ou cônicos, bem como são segregados quanto seus propósitos específicos (NSK,2018).

As causas de defeitos mais comuns em rolamentos são: seleção incorreta, sobrecarga, defeito de fabricação, desalinhamento, montagem incorreta, lubrificação inadequada, entre outras. A falha pode ocorrer na pista interna, externa, elemento rolante ou na gaiola, alastrando depois para os demais componentes, geralmente o defeito evolui com certa lentidão e emite sinais com antecedência (CUNHA, 2016).

Na Figura 1 é possível verificar um exemplo de evolução de falha conhecida como microfissuras até microtrincas na pista do rolamento.

*Figura 1 - Evolução de microfissura até microtrincas*



Já na Figura 2, pode-se visualizar outros tipos de falhas que ocorrem nos rolamentos.

*Figura 2 - Tipos de falhas em rolamentos: a) escamamento; b) corrosão; c) esmagamento*



Para este trabalho, será verificado apenas o defeito na pista interna do rolamento.

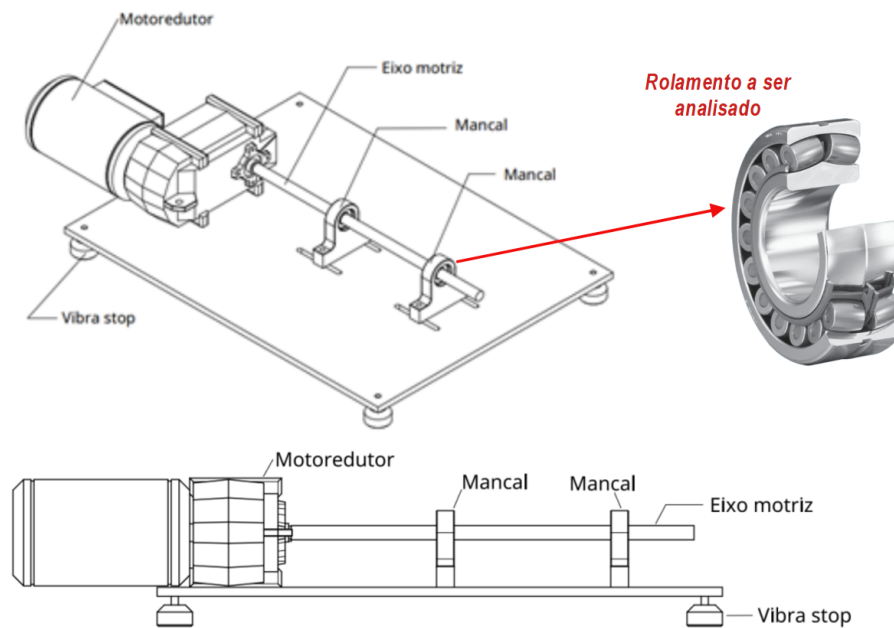
Para a realização dos experimentos serão utilizados dois rolamentos de rolos autocompensadores da NSK, modelo 21306CD. Este modelo apresenta como principais características uma alta capacidade de carga, gaiola de aço prensado e desalinhamento permissível entre  $1^\circ$  e  $2:5^\circ$ . Esta categoria de rolamento foi escolhida pois possibilita uma maior facilidade para inserção manual de defeitos, o que será feito após a caracterização de seu sinal. Isto possibilitará, assim, a comparação entre os sinais do rolamento defeituoso em relação ao rolamento em estado normal sem defeitos.

Características do rolamento escolhido:

- Número de elementos rolantes: 20 (10 por fileira);
- Diâmetro externo: 72 mm;
- Diâmetro interno: 30 mm;
- Limite de rotação: 4500 RPM lubrificado a graxa, 6000 RPM lubrificado a óleo.

A bancada de ensaios apresentada na Figura 3 é composta por um motoredutor WEG/Cestari, com eixo motriz usinado e ligado ao mancal de rolamento da NSK. A bancada possui em sua base um isolador de vibrações do tipo vibra-stop. Além disso, o sistema de controle de acionamento do motor será feito por um inversor de frequência, permitindo assim, realizar os ajustes de velocidade do motor durante os ensaios.

*Figura 3 - Esquema da bancada de ensaio*



Uma das formas de identificação de falhas em rolamentos é por meio da análise de vibrações, na qual a mudança no espectro de frequência pode indicar o tipo de anomalia do rolamento, permitindo, dessa forma, que o equipamento seja parado para uma manutenção de troca de rolamentos. Neste trabalho pretende-se usar o acelerômetro para capturar essas vibrações, que irão indicar se o rolamento está bom ou ruim, e treinar uma rede neural para identificação da anomalia.

## 5. References (including other code or data), sources of inspiration

**Bearing classification.** Disponível em:

<https://www.kaggle.com/isaienkov/bearing-classification>. Acesso em 19 de outubro de 2021.

CUNHA, Paulo Mário R. da. **Previsão de falha de rolamentos por análise espectral e de envelope**. 2016

**Machine learning de séries temporais.** 17 de abril de 2018. Disponível em:

<https://www.monolitonimbus.com.br/machine-learning-de-series-temporais-lstm/>.

Acesso em: 19 de outubro de 2021.

**NASA Bearing Dataset.** Disponível em:

<https://www.kaggle.com/vinayak123tyagi/bearing-dataset>. Acesso em 19 de outubro de 2021.

NSK. NSK New Bearing Doctor. **Diagnosis of bearing problems. Objective:**

**Smooth & reliable operation.** Japão, 2018. 23p

**PHM IEEE 2012 Data Challenge.** 3 de julho de 2018. Disponível em:

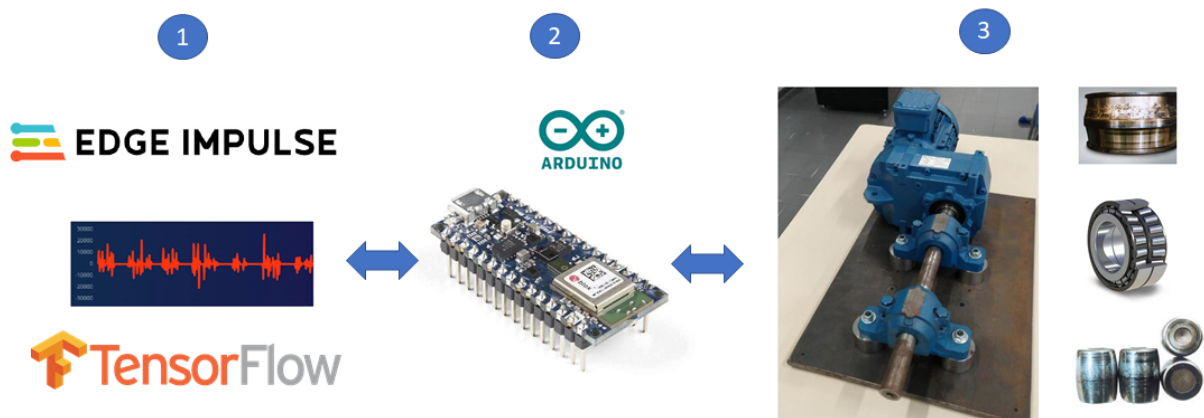
<https://github.com/wkzs111/phm-ieee-2012-data-challenge-dataset>. Acesso em 19 de outubro de 2021.

**Timeseries classification from scratch.** 21 de julho de 2020. Disponível em:

[https://keras.io/examples/timeseries/timeseries\\_classification\\_from\\_scratch/](https://keras.io/examples/timeseries/timeseries_classification_from_scratch/). Acesso em: 19 de outubro de 2021.

## 6. Descriptions of the following, at whatever depth the team feels appropriate:

### a. Block Diagram



**O projeto será dividido em 3 etapas:**

- 1 - Pré processamento / Design do Modelo / Otimização;
- 2 - Aquisição de Dados;
- 3 - Sistema mecânico.

## **b. Hardware to be utilized**

Para a captura de dados e o processamento no momento da classificação será utilizado o Arduino Nano 33 BLE Sense, que possui uma unidade inercial (IMU LSM9DS1) integrada com acelerômetro, giroscópio e magnetômetro. Para o projeto serão utilizados apenas os sinais provenientes dos três eixos do acelerômetro, que poderá ser configurado com o fundo de escala entre  $\pm 2g$  e  $\pm 16g$ , de acordo com o nível de vibração que for detectado no mancal.

## **c. Data collection**

Para a coleta de dados o Arduino será acoplado junto ao mancal que contém o rolamento a ser analisado. Dessa forma as vibrações do rolamento serão transmitidas ao mancal, sendo possível captá-las pelo acelerômetro interno do Arduino e transmitidas diretamente para a plataforma Edge Impulse, na qual serão realizadas a análise e o tratamento dos sinais.

O ensaio de aquisição de dados será realizado da seguinte forma: uma tomada de amostragem de 1 minuto com uma taxa de 16 ms (62,5Hz), para as seguintes configurações de rotações do motor (200, 1000 e 1800 rpm), e duas classes (rolamento com defeito e rolamento sem defeito).

## **d. Preprocessing**

Os dados lidos do acelerômetro possuem a mesma faixa de medição em todos os eixos e, por isso, não será necessário normalizar os valores lidos.

## **e. Model design**

Inicialmente será configurada uma rede neural densa (DNN) para verificar os resultados. Além disso, serão realizados treinamentos com diferentes configurações a fim de comparar os resultados e determinar a que melhor se adequa ao trabalho.

Outra hipótese é realizar testes com as redes sugeridas pela plataforma Edge Impulse, como a rede de detecção de anomalias.

## **f. Optimizations**

Foi visto em pesquisas que, em classificações de séries temporais, podem ser utilizadas Redes Neurais Convolucionais ou Redes Neurais Recorrentes.

Para tanto, a ideia inicial é realizar testes com redes DNN, mas posteriormente realizar experimentos com redes CNN de uma dimensão, redes recorrentes do tipo LSTM e, por fim, utilizar as recomendações automáticas da plataforma Edge Impulse que, por meio da análise do sinal obtido, indica redes para aplicações específicas.

#### **g. In system inference (Deploy)**

Para o *deploy*, a ideia é seguir a mesma linha de raciocínio utilizada para obter o dataset, logo, será utilizada a mesma estrutura após obter o modelo treinado. Para isso, será utilizado outro rolamento com um defeito semelhante e, também, serão realizados testes em velocidades diferentes das treinadas.

### **7. Issues or roadblocks the team envision and potential solutions**

**Metodologia da aquisição de dados da plataforma proposta:** a princípio será utilizado o acelerômetro da placa arduino nano 33 juntamente com a plataforma Edge Impulse. Em testes preliminares realizados com celular e um liquidificador foi possível analisar as etapas de configuração da plataforma.

**Modelo da rede que será utilizada para o treinamento:** neste caso serão testados alguns modelos de redes e parâmetros diferentes para uma comparação entre os resultados. Além disso, também serão levadas em consideração as recomendações automáticas da plataforma Edge Impulse.

**Metodologia para a realização do *deploy* do sistema:** a princípio será realizada a substituição por outro rolamento defeituoso e, também, a alteração da velocidade do motor.

### **8. The top unresolved question(s) the team have at this point**

O projeto pode ser aprimorado fazendo o uso conjunto de outros tipos de sensores, dessa forma, pode ser que seja possível analisar os rolamentos de outros pontos que não serão abordados neste trabalho.

Outro ponto que pode ser abordado numa possível continuação é a classificação de tipos de falhas nos rolamentos. Neste trabalho serão classificados apenas como rolamentos defeituosos ou não.