



## APS1 - Projeto de Aprendizado de Máquina

Classificador de falhas de aplicações industriais acionadas por motores elétricos para máquinas rotativas

# APS1 - Projeto de Aprendizado de Máquina

## Objetivo

Aplicar técnicas de Aprendizado de Máquina para desenvolver um classificador de falhas de aplicações industriais acionadas por motores elétricos para máquinas rotativas.



Exemplo de aplicações:



movimentações



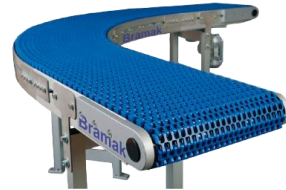
ventiladores



bombas



agitadores

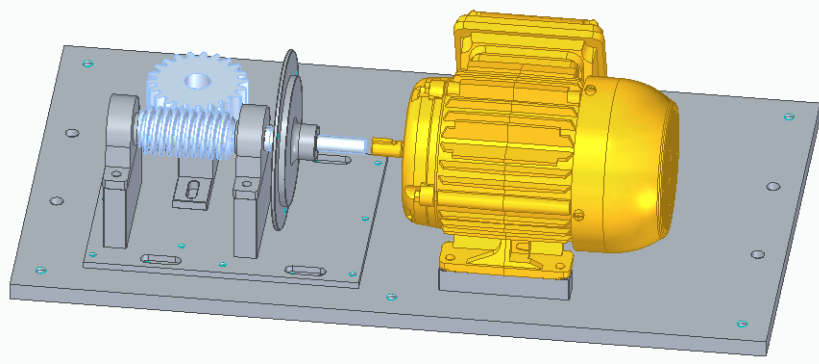


esteiras

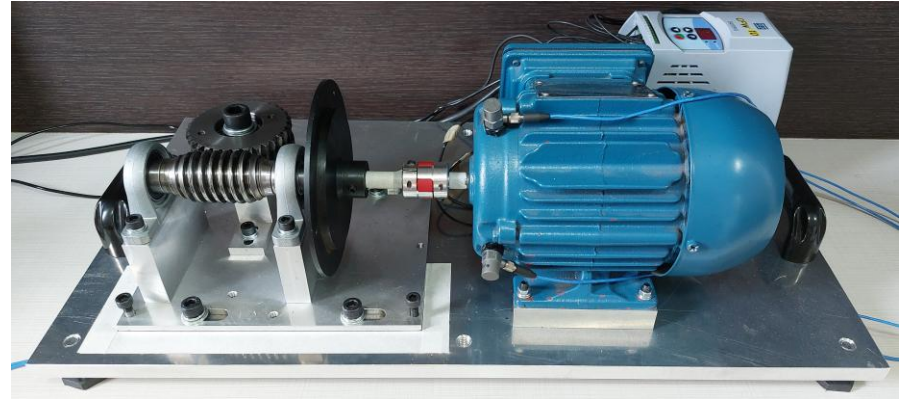
# APS1 - Projeto de Aprendizado de Máquina

## Dataset

Dados obtidos de um simulador (dispositivo eletromecânico) de falhas de aplicações industriais acionadas por motores elétricos para máquinas rotativas.



Dispositivo Eletromecânico: sistema de transmissão mecânica do tipo rosca sem fim com engrenagem coroa, acoplado ao eixo de um motor elétrico do tipo Gaiola.

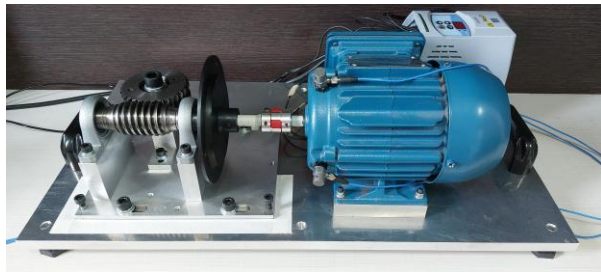


# APS1 - Projeto de Aprendizado de Máquina

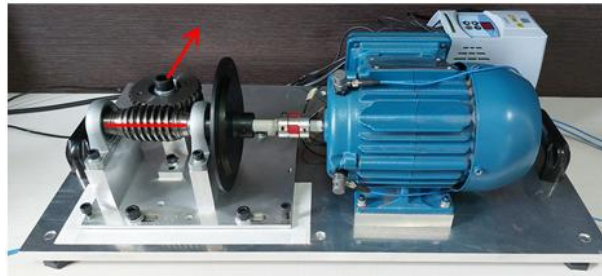
## Dataset

Diferentes cenários para simular situação normal e de falhas:

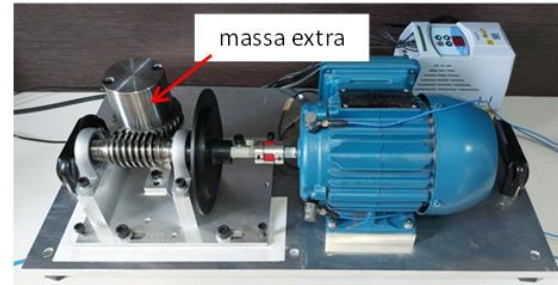
NORMAL



Desacoplado



Sobrecarga



Desbalanceado



Desalinhado



# APS1 - Projeto de Aprendizado de Máquina

## Dataset

Diferentes cenários para simular situação normal e de falhas:

Cenários	Descrição
NORMAL	<b>Condição normal de operação</b> Acoplamento do eixo sem fim com a engrenagem coroa
Desacoplado	<b>Sistema sem carga</b> Desacoplamento do eixo sem fim com a engrenagem coroa
Sobrecarga	<b>Sistema com sobrecarga</b> Massa extra ( $\pm 981$ g) sobre a coroa do sistema eixo sem fim
Desbalanceado	<b>Sistema com desbalanceamento</b> Massa de desbalanceamento ( $\pm 8,2$ g) no disco acoplado ao eixo
Desalinhado	<b>Desalinhamento de acoplamento</b> Desalinhamento angular do eixo sem fim com o eixo do motor

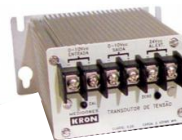
# APS1 - Projeto de Aprendizado de Máquina

## Dataset

Instrumentação para aquisição de dados:

Sinais Coletados	Transdutor
Grandezas Elétricas <ul style="list-style-type: none"><li>• <math>I_{\text{entrada}}</math> [A]</li><li>• <math>P_{\text{entrada}}</math> [W]</li><li>• <math>I_{\text{saida}}</math> [A]</li></ul>	Marca KRON, modelos: Transd. Analógico de Corrente AC true RMS W00-AR- W00-AR-1-0-0-5-1-8-5-1 (range 0-5A) Transd. Analógico de Potência Ativa W02-30-1-22-5-1-8-5-1
Vibração Mecânica <ul style="list-style-type: none"><li>• <math>\text{Vibr}_{\text{sensor1}}</math> [dB<sub>rms</sub> g]</li><li>• <math>\text{Vibr}_{\text{sensor2}}</math> [dB<sub>rms</sub> g]</li></ul>	Marca PCB, modelo: Mod.352C33. Sensitivity: ( $\pm 10\%$ ) 100 mV/g , Measurement Range: $\pm 50$ g pk, Frequency Range: ( $\pm 5\%$ ) 0.5 to 10000 Hz.

**Transd. Corrente Alternada**  
KRON W00-AR-1-0-0-5-1-8-5-1



**Transd. Potência Ativa**  
KRON W02-30-1-22-5-1-8-5-1



**Acelerômetro**  
PCB Modelo 352C33



# APS1 - Projeto de Aprendizado de Máquina

## Dataset

Hardware de Aquisição de Sinais:

Sinais Coletados	Hardware de Aquisição
Grandezas Elétricas: $I_{\text{entrada}}$ [A] $P_{\text{entrada}}$ [W] $I_{\text{saida}}$ [A]	Marca NI, modelo: MyDAQ
Vibração Mecânica: $\text{Vibr}_{\text{sensor1}}$ [dB <sub>rms</sub> g] $\text{Vibr}_{\text{sensor2}}$ [dB <sub>rms</sub> g]	Marca NI, modelos: cDAQ NI-9171 USB Módulo NI-9234 para som e vibração



cDAQ NI-9171  
Chassi USB



+

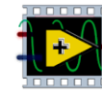
Módulo NI-9234  
Entrada de som e vibração



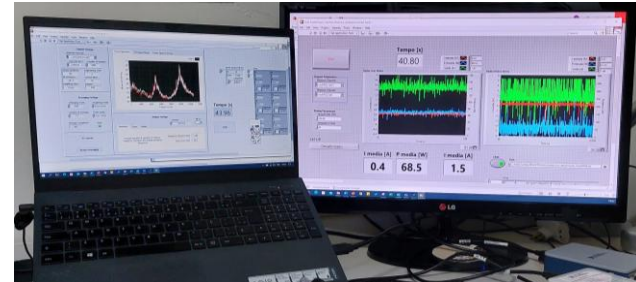
=



Software de Aquisição de Sinais:



LabVIEW

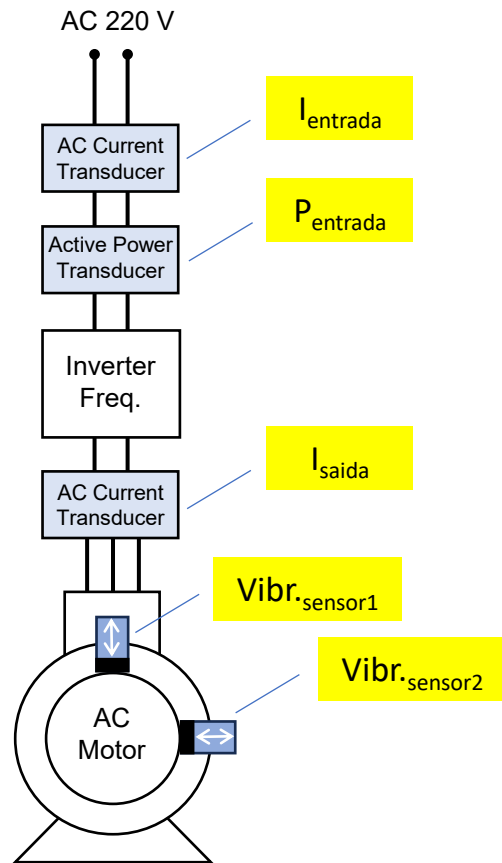
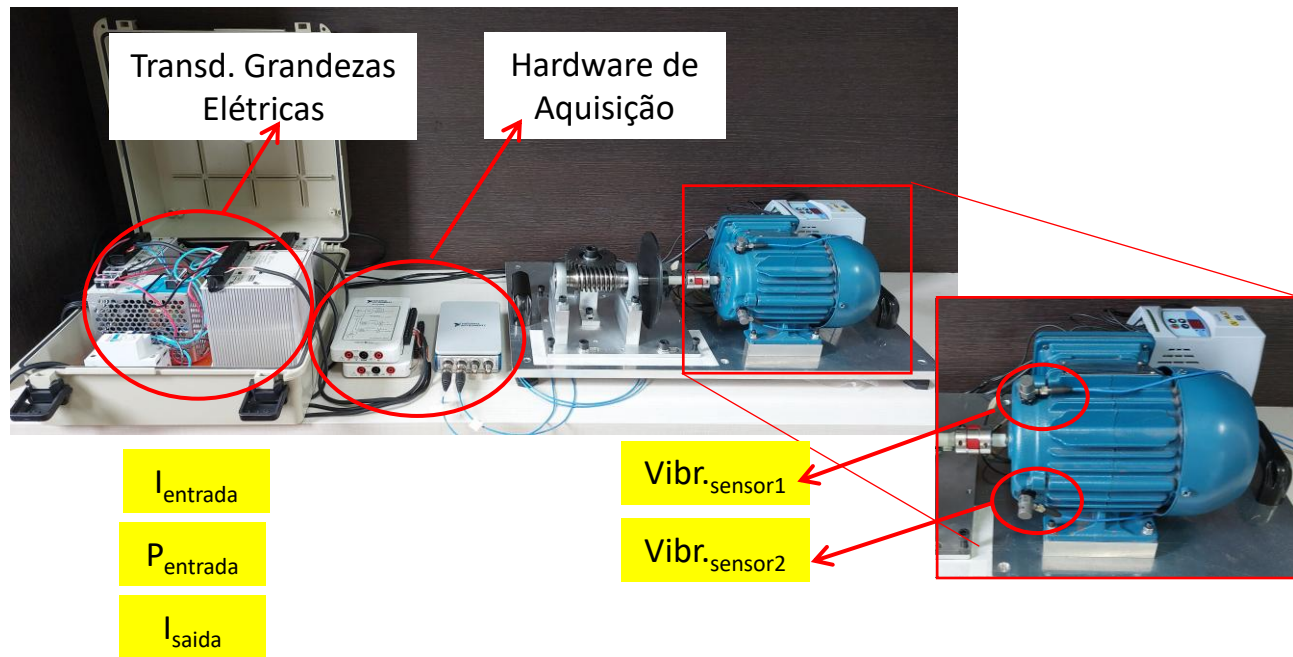




# APS1 - Projeto de Aprendizado de Máquina

## Dataset

Disposição geral dos Transdutores e Hardware DAQ:





# APS1 - Projeto de Aprendizado de Máquina

## Dataset

Atributos gerados com os sinais coletados.

Dados	Sinais Coletados	Atributos Gerados
Condição operacional	Status da máquina	Normal = 0, Desacoplado = 1, Sobrecarga = 2, Desbalanceado = 3 e Desalinhado = 4
Grandezas Elétricas	$I_{\text{entrada}}$ [A]  $P_{\text{entrada}}$ [W]  $I_{\text{saida}}$ [A]	$I_{\text{entrada}}$ [A] <b>DesvPad</b> $I_{\text{entrada}}$ [A] <b>Ampl</b> $I_{\text{entrada}}$ [A] <b>Kurtosis</b> $I_{\text{entrada}}$ [A]  $P_{\text{entrada}}$ [W] <b>DesvPad</b> $P_{\text{entrada}}$ [W] <b>Ampl</b> $P_{\text{entrada}}$ [W] <b>Kurtosis</b> $P_{\text{entrada}}$ [W]  $I_{\text{saida}}$ [A] <b>DesvPad</b> $I_{\text{saida}}$ [A] <b>Ampl</b> $I_{\text{saida}}$ [A] <b>Kurtosis</b> $I_{\text{saida}}$ [A]
Grandezas de Vibração	<b>Vibr.</b> <sub>sensor1</sub> [dB <sub>rms</sub> g]  <b>Vibr.</b> <sub>sensor2</sub> [dB <sub>rms</sub> g]	<b>Magnit f Vibr.</b> <sub>sensor1</sub> [dB <sub>rms</sub> g] <b>Magnit 2f Vibr.</b> <sub>sensor1</sub> [dB <sub>rms</sub> g] <b>Magnit 3f Vibr.</b> <sub>sensor1</sub> [dB <sub>rms</sub> g]  <b>Magnit f Vibr.</b> <sub>sensor2</sub> [dB <sub>rms</sub> g] <b>Magnit 2f Vibr.</b> <sub>sensor2</sub> [dB <sub>rms</sub> g] <b>Magnit 3f Vibr.</b> <sub>sensor2</sub> [dB <sub>rms</sub> g]

# APS1 - Projeto de Aprendizado de Máquina

## Dataset

Atributos gerados com os sinais coletados.

Atributos Gerados	Explicação
Normal = 0, Desacoplado = 1, Sobrecarga = 2, Desbalanceado = 3, Desalinhado = 4	Indicação manual da situação da bancada experimental. A situação é representada pelo intervalo de 0-4.
<b>I</b> entrada [A] <b>P</b> entrada [W] <b>I</b> saída [A]  <b>DesvPad</b> <b>I</b> entrada [A] <b>DesvPad</b> <b>P</b> entrada [W] <b>DesvPad</b> <b>I</b> saída [A]  <b>Ampl</b> <b>I</b> entrada [A] <b>Ampl</b> <b>P</b> entrada [W] <b>Ampl</b> <b>I</b> saída [A]  <b>Kurtosis</b> <b>I</b> entrada [A] <b>Kurtosis</b> <b>P</b> entrada [W] <b>Kurtosis</b> <b>I</b> saída [A]	Média do sinal RMS de corrente (I) ou potência (P), de entrada ou saída do Inversor de Frequência  Desvio Padrão do sinal RMS de corrente (I) ou potência (P), de entrada ou saída do Inversor de Frequência  Amplitude do sinal RMS de corrente (I) ou potência (P), de entrada ou saída do Inversor de Frequência  Curtose do sinal RMS de corrente (I) ou potência (P), de entrada ou saída do Inversor de Frequência
<b>Magnit f Vibr</b> •sensor1 [dB <sub>rms</sub> g] <b>Magnit 2f Vibr</b> •sensor1 [dB <sub>rms</sub> g] <b>Magnit 3f Vibr</b> •sensor1 [dB <sub>rms</sub> g]  <b>Magnit f Vibr</b> •sensor2 [dB <sub>rms</sub> g] <b>Magnit 2f Vibr</b> •sensor2 [dB <sub>rms</sub> g] <b>Magnit 3f Vibr</b> •sensor2 [dB <sub>rms</sub> g]	Amplitude Power Spectrum do sinal de vibração, na frequência fundamental f (de rotação do motor) e suas harmônicas (2 x f, 3 x f)

# APS1 - Projeto de Aprendizado de Máquina

## Dataset

Registros salvos em arquivo CSV:  Dataset APS1\_Sinais Eletricos e Vibricao\_csv.xls

	tempo_s	tipo_setup	I_entrada_A	P_entrada_W	I_saida_A	DesvPad_I_entrada_A	DesvPad_P_entrada_W	DesvPad_I_saida_A	Amp_I_entrada_A	Amp_P_entrada_W	Amp_
0	0.00	0.0	0.44905	63.67320	1.43660	0.042740	21.869566	0.113479	0.175	91.738	
1	0.08	0.0	0.44610	69.40320	1.67860	0.048945	1.600020	0.854342	0.227	7.359	
2	0.16	0.0	0.45175	69.11385	1.39950	0.042337	5.220348	0.284000	0.207	24.185	
3	0.24	0.0	0.43510	68.85665	1.39705	0.063224	3.437546	0.219507	0.228	16.040	
4	0.32	0.0	0.45055	70.52860	1.43375	0.048497	1.240032	0.111967	0.222	4.394	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

2500	39.68	4.0	0.46575	68.42795	1.59235	0.042147	8.0588	Dados	Condição operacional da máquina	tipo_setup 0.0 - Normal 1.0 - Desacoplado 2.0 – Sobrecarga 3.0 - Desbalanceado 4.0 - Desalinhado
2501	39.76	4.0	0.44705	62.32815	1.57365	0.068987	15.8766			
2502	39.84	4.0	0.47110	76.04075	1.77275	0.045194	34.7997			
2503	39.92	4.0	0.47745	72.86850	1.39700	0.043033	0.8264			
2504	40.00	4.0	0.48705	70.70715	1.51215	0.114987	12.3669			

2505 rows × 20 columns

# APS1 - Projeto de Aprendizado de Máquina

## Requisitos do Projeto

1. Seguir todas as etapas necessárias de um projeto de A.M. (\* vide próximo slide)
2. Documentar as etapas do projeto:  
markdown do arquivo Jupyter Notebook e linhas de comentários
3. Adotar ferramentas necessárias para cada etapa  
quanto mais recursos utilizados corretamente, melhor a avaliação do projeto
4. Desenvolver função para entrada de valores de atributos e posterior classificação de falha
5. Entrega: arquivo Jupyter Notebook (.ipynb) e seu arquivo pdf.

**Prazo de entrega: 19/set**

# APS1 - Projeto de Aprendizado de Máquina

## Etapas de projeto de Aprendizado de Máquina

(\*) Em cor azul, destaque das atividades da APS1

### 1. Analisar o Panorama Geral

- Abordar o problema
- Escolher medida de desempenho
- Verificar hipóteses

### 2. Obter Dados

- Instrumentar/ Aquisitar dados
- Armazenar dados

### 3. Explorar os Dados

- Visualizar dados
- Analisar dados

### 4. Pré-processar os Dados

- Limpar dados
- Criar novas características
- Normalizar/ Padronizar
- Selecionar características

### 5. Desenvolver Modelo

- Escolher algoritmo(s)
- Treinar/ Ajustar / Avaliar
- Selecionar algoritmo

### 6. Implementação

### 7. Monitoramento Contínuo

### 8. Avaliação de Resultado