

# Introdução ao curso de processamento de sinais

Igor Braga de Paula

PUC- Rio, Departamento de Engenharia Mecânica

O que o levou a se matricular nesse curso?

# Dinâmica do curso

- Discussão de problema prático
- Apresentação de metodologias para resolver os problemas discutidos
- Implementação das metodologias em ambiente Matlab (em sala – **IMPORTANTE trazer computador**).

*Guia para instalação do Matlab com licença de aluno PUC-Rio*  
<http://www.rdc.puc-rio.br/wp-content/uploads/2016/09/MATLAB-Roteiro-Download-Instalacao-Aluno.pdf>

- Trabalhos para serem feitos em casa e entregues na aula seguinte

# Literatura sugerida

## **BIBLIOGRAFIA**

### **PRINCIPAL**

BENDAT, J. S.; PERSOL, A. G; Random data Analysis. Wiley Interscience, 2000.

OPPENHEIM, A. V.; SCHAFER, R. W.; Discrete-time Signal Processing. Prentice-Hall, 2013.

NEWLAND, D. E.; An introduction to Random vibrations, Spectral & Wavelet Analysis. Dover, 2005.

SAMPAIO, R.; Análise e Processamento de Sinais. SBMAC, 2012.

## **BIBLIOGRAFIA**

### **COMPLEMENTAR**

HAYKIN, S.; VAN VEEN, B.; Sinais e Sistemas. Bookman, 2008

KUTZ, J. N; BRUNTON, S. L.; BRUNTON, B. W.; PROCTOR, J. L.; Dynamic Mode Decomposition, SIAM, 2016.

BERKOOZ, G.; HOLMES, P.; LUMLEY, J. L.; The Proper Orthogonal Decomposition in the Analysis of Turbulent Flows. Annual Review of Fluid Mechanics, 25, 1993.

# Cronograma do curso – 2019-1

Aula	Data	Descrição
1	12/03/2019	Introdução
2	19/03/2019	Introdução aos sinais discretos
3	26/03/2019	Estimadores estatísticos e regressão
4	02/04/2019	Probabilidade combinada
5	09/04/2019	Introdução a análise no domínio da frequência
6	16/04/2019	Introdução a transformada de Fourier
7	23/04/2019	Feriado
8	30/04/2019	Trabalho em sala
9	07/05/2019	Análise no domínio da frequência (cont)
10	14/05/2019	Conferência -JEM
11	21/05/2019	Conferência ICMF
12	28/05/2019	Introdução a transformada de Hilbert
13	04/06/2019	A transformada de Fourier de tempo curto
14	11/06/2019	Introdução a transformada Wavelet
15	18/06/2019	Continuação de transformada Wavelet
16	25/06/2019	Decomposição de sinais em modos próprios ortogonais
17	02/07/2019	Trabalho Final

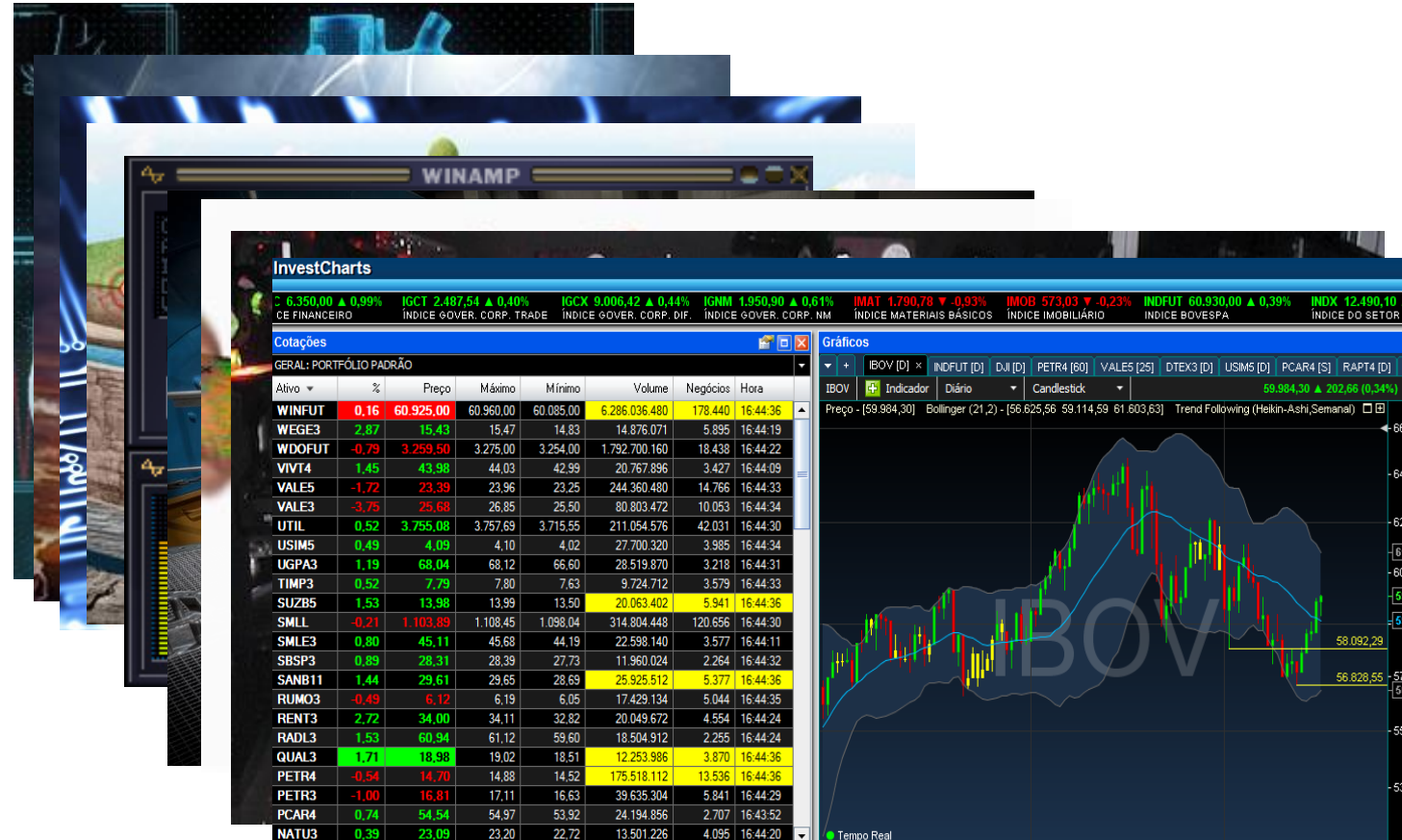
# Avaliação e presença

- A nota final é composta por trabalhos e listas de exercícios.  
Nessas listas o aluno deverá mostrar que é capaz de elaborar rotinas de processamento de sinais e interpretar os resultados obtidos.
- Os alunos devem atentar para as faltas, pois ao final de quase todas as aulas haverá alguma atividade no Matlab
- Há uma tolerância para atrasos de 20min após o início da aula, favor respeitar esse limite para não atrapalhar a dinâmica do curso.

# Introdução

# Motivação

- A análise de sinais é fundamental para diversas aplicações:
  - Medicina (diagnóstico)
  - Telecomunicações
  - Computação
  - Geologia e engenharia de poços
  - Áudio
  - Compactação de dados
  - Vibração mecânica
  - Escoamentos
  - Ótica
  - Sistema financeiro
  - Etc...



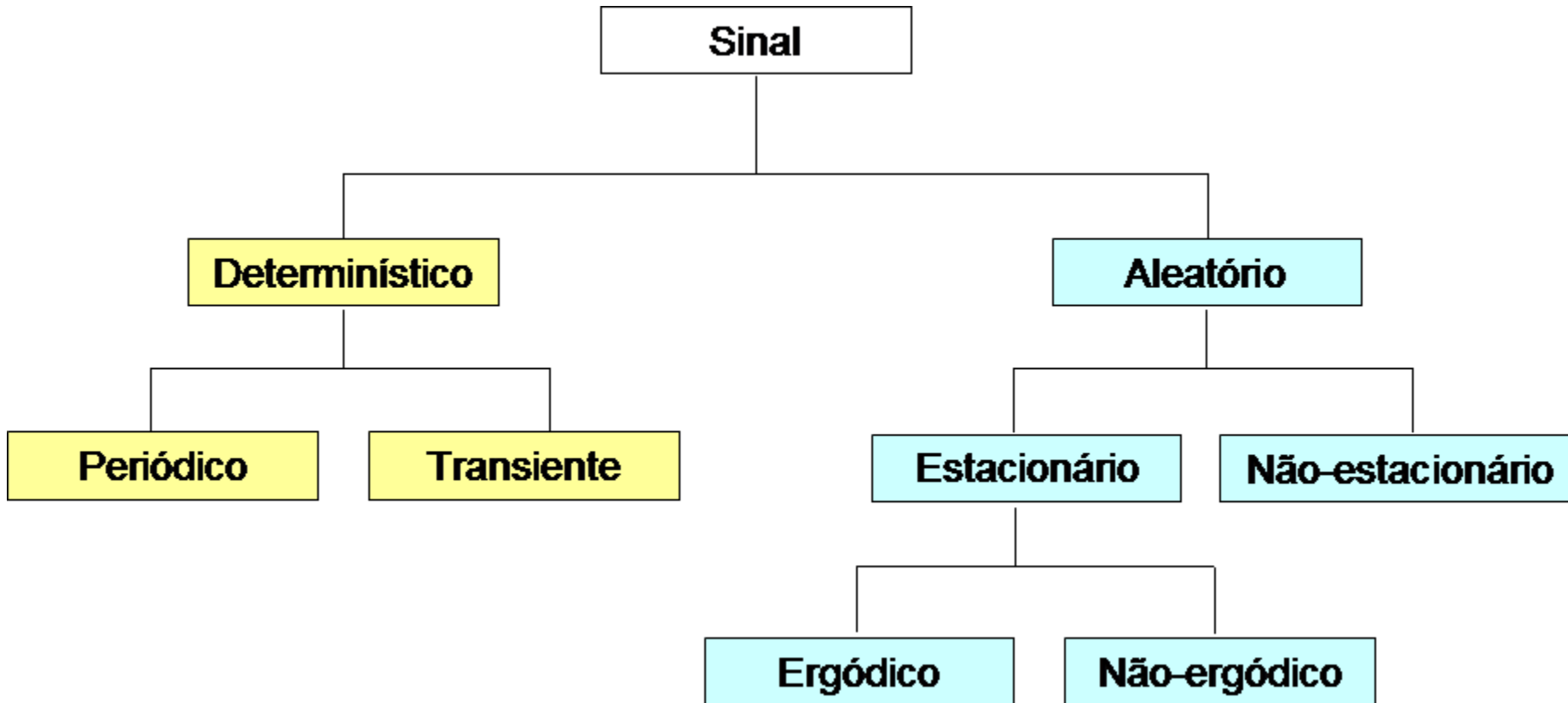


# Motivação

- Uma característica comum as diversas aplicações listadas é a possibilidade de conversão de informações do problema físico em sinais. Na prática, isso é feito através de sensores e transdutores.
- A caracterização do sinal desses transdutores é importante para um entendimento do problema físico sob estudo.
- Logo, o curso foi concebido com o intuito de apresentar algumas ferramentas de processamento de sinais que são, comumente, utilizadas em aplicações de engenharia.

# Classificação de sinais

➤ Tipos de sinal

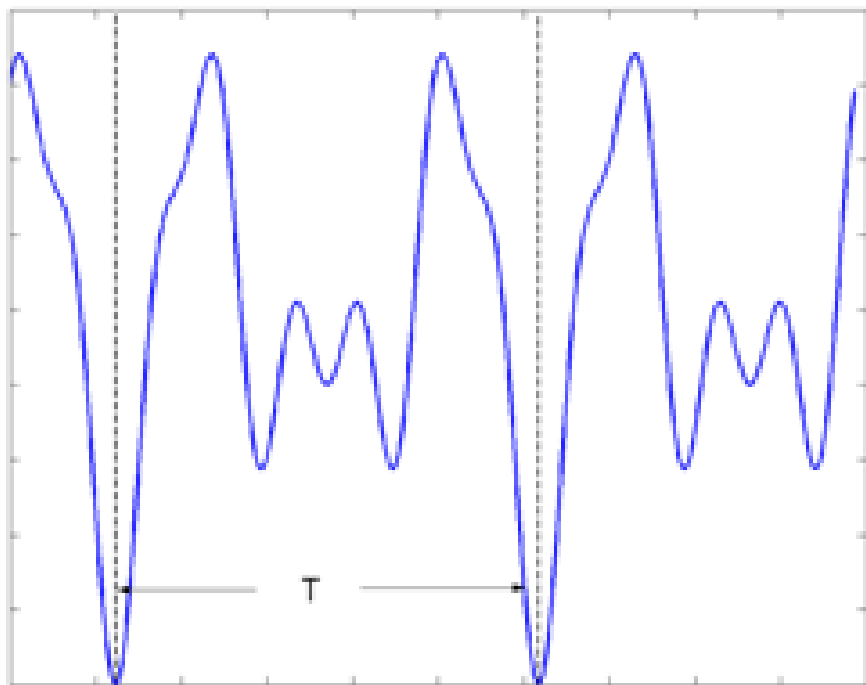


# Classificação de sinais

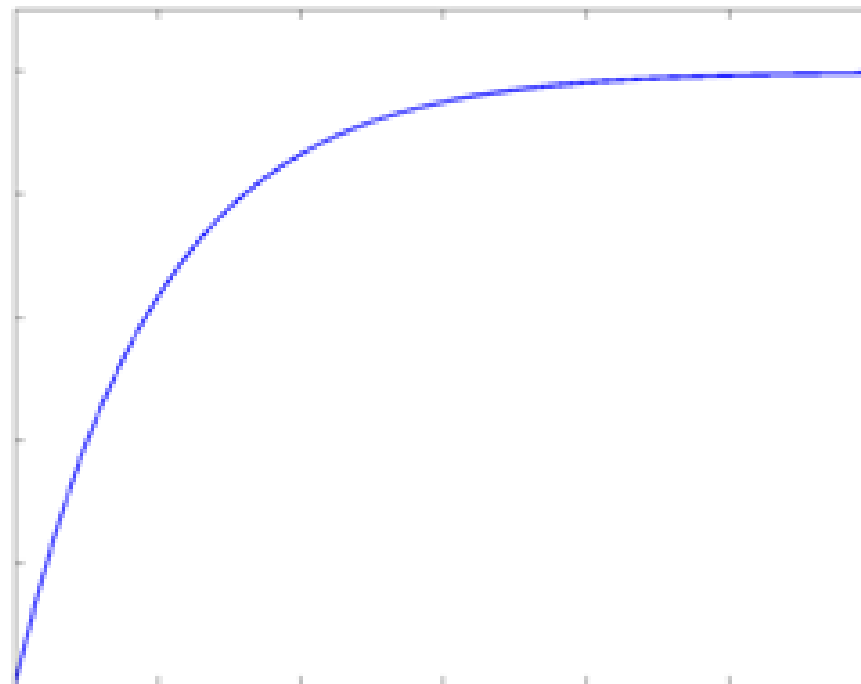
➤ Tipos de sinal:

- Determinístico: Sinais determinísticos são aqueles que podem ser reproduzidos caso sejam aplicadas as mesmas condições utilizadas sua geração.

Periódico



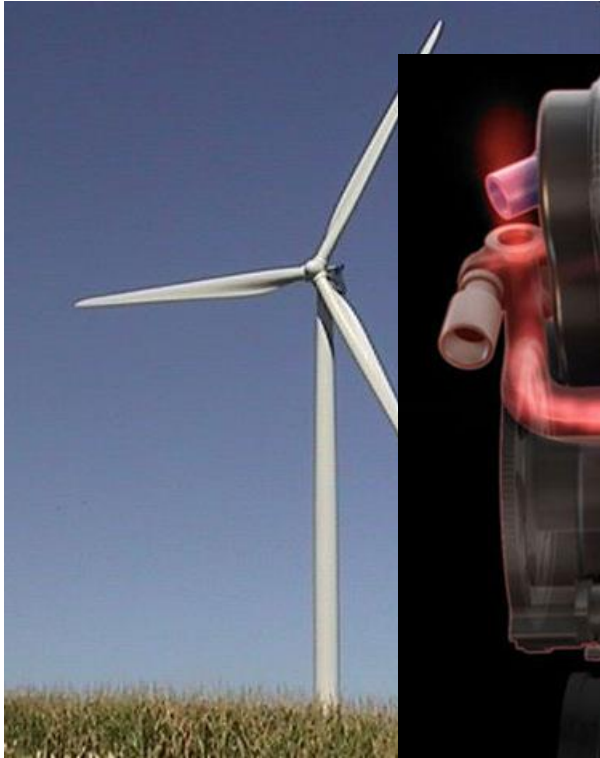
Transiente



# Classificação de sinais

➤ Tipos de sinal:

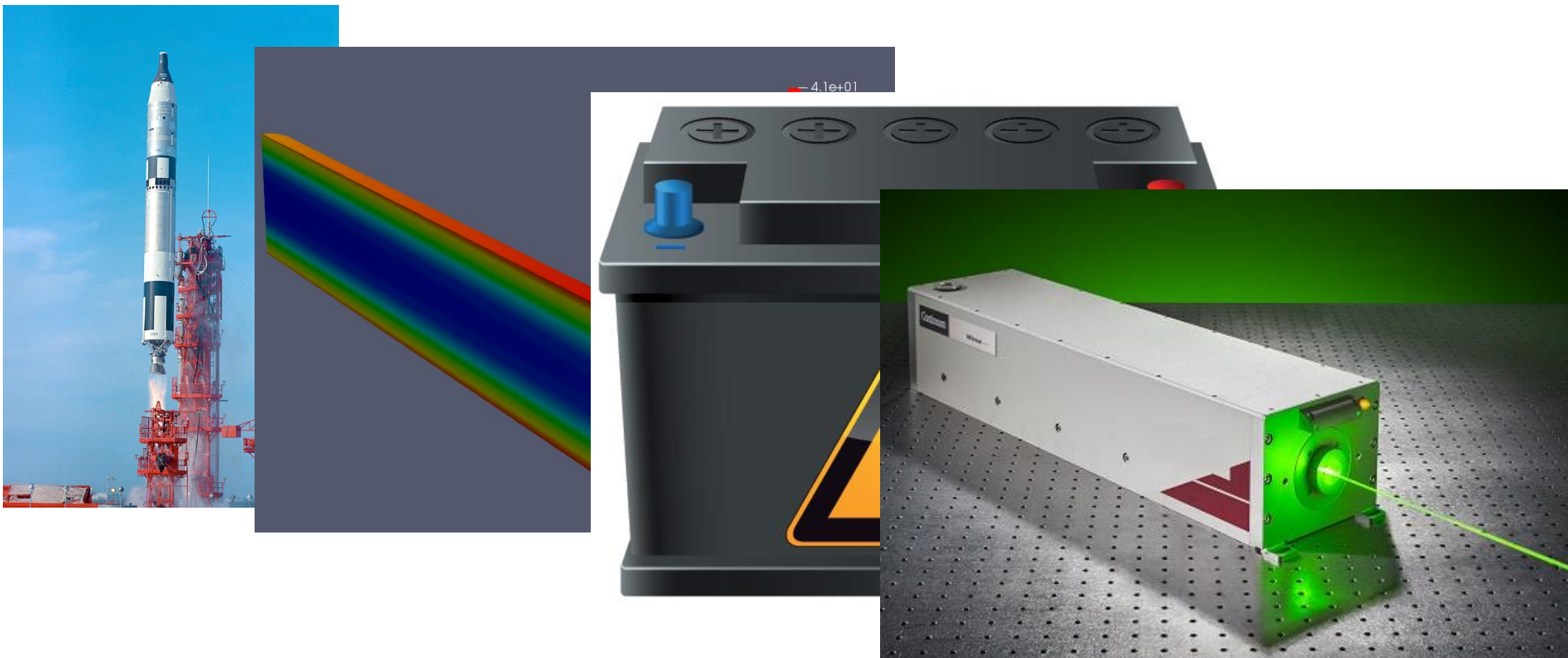
➤ Ex. de sinais determinísticos periódicos:



# Classificação de sinais

➤ Tipos de sinal:

➤ Ex. de sinais determinísticos transientes:

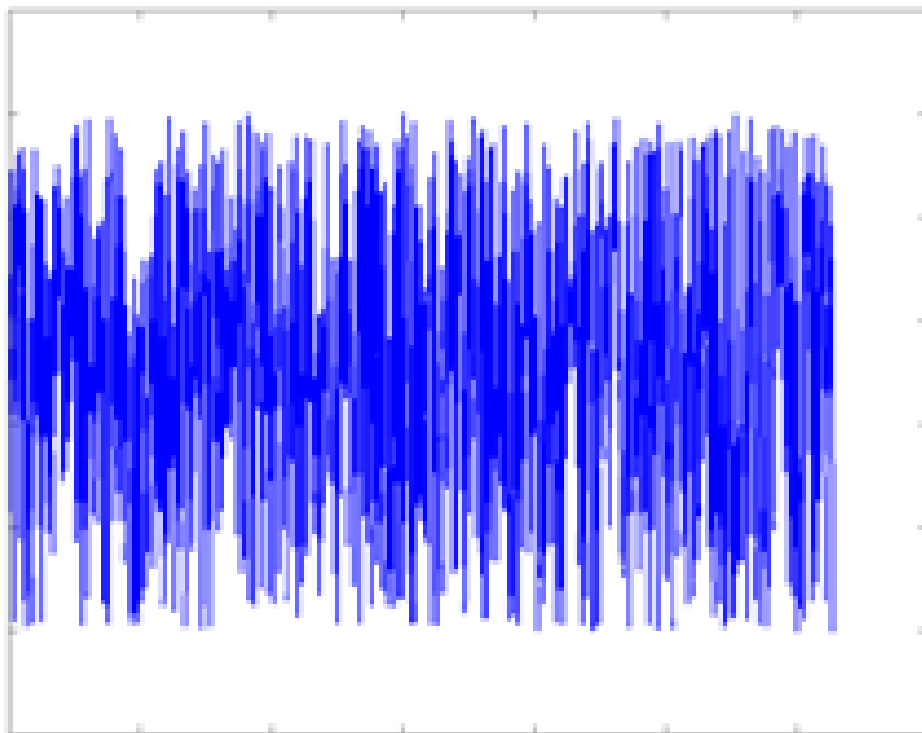


# Classificação de sinais

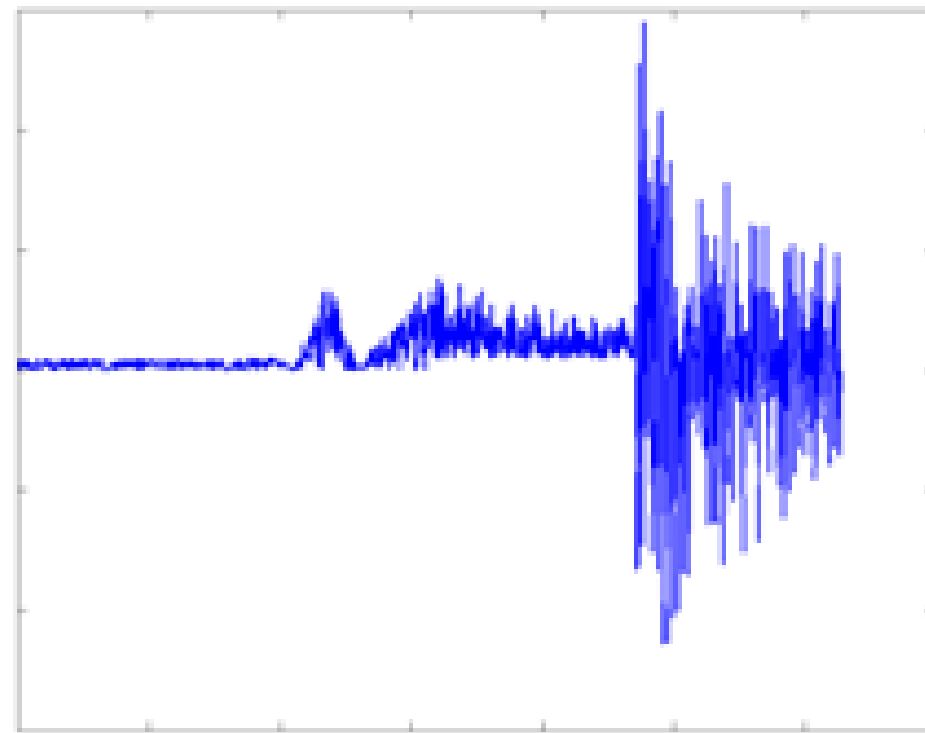
➤ Tipos de sinal:

➤ Estocástico (Aleatório): possuem uma variabilidade que dificulta a predição dos seus valores por funções analíticas e que também não possuem periodicidade aparente

Estacionário



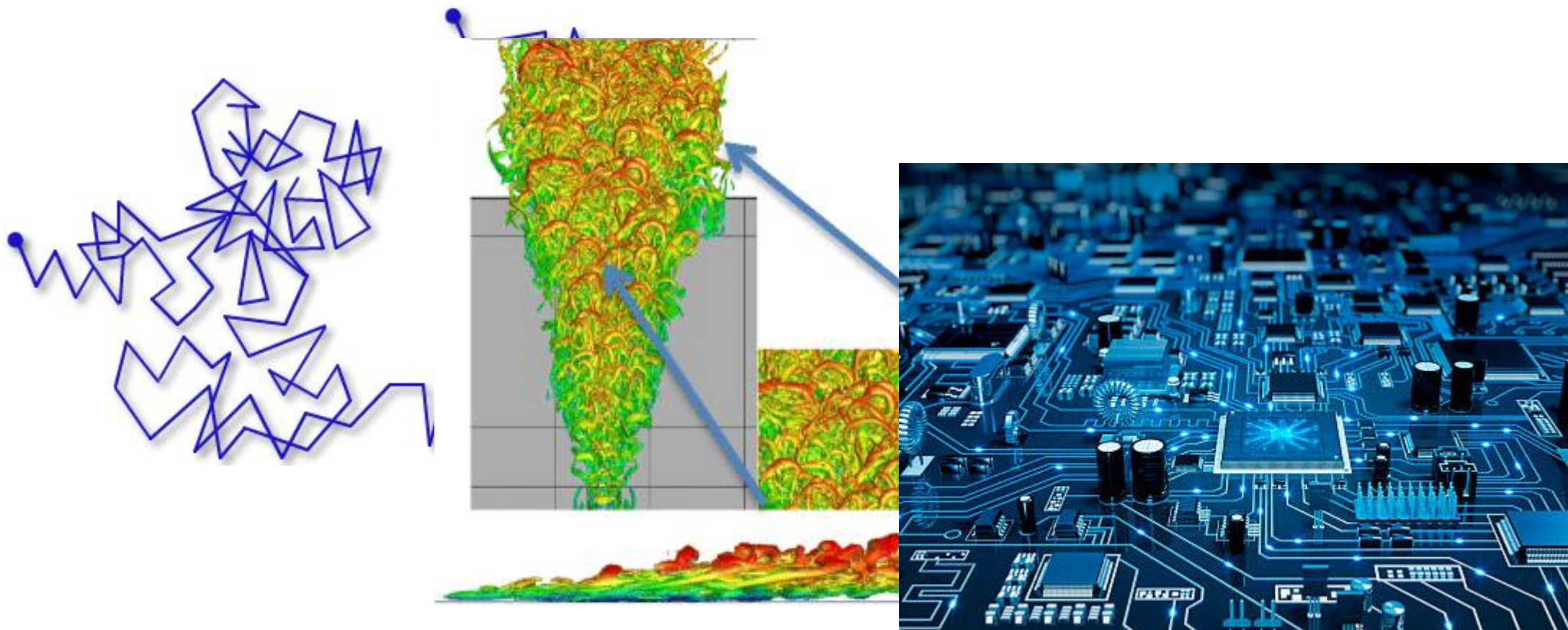
Não - estacionário



# Classificação de sinais

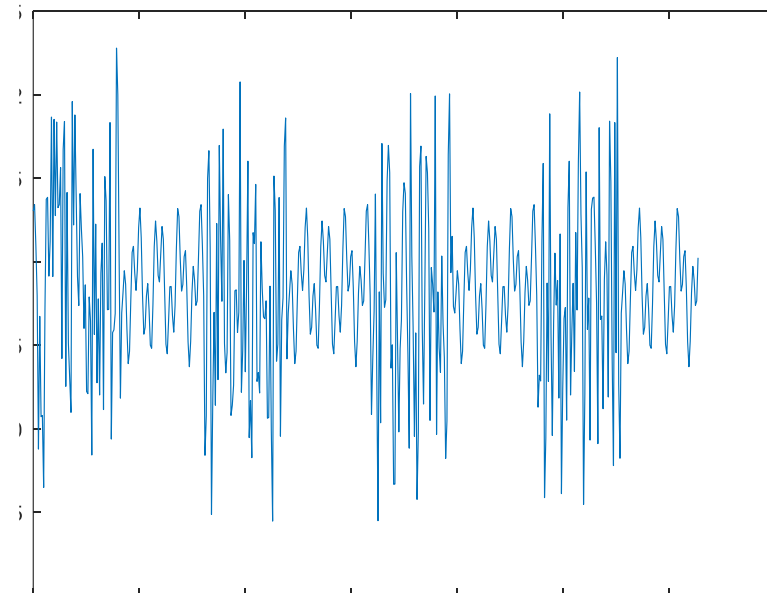
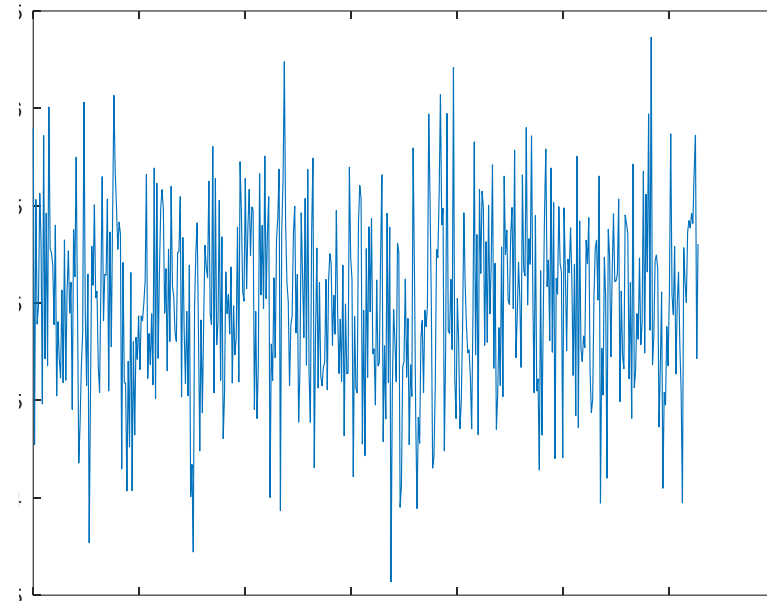
➤ Tipos de sinal:

➤ Ex. de sinal estocástico estacionário:



# Classificação de sinais

- Tipos de sinal:
  - Estacionário ergódico: propriedades estatísticas não dependem do tamanho da amostra, ou seja as médias temporais e as médias de eventos são iguais.
  - Estacionário não ergódico: somente estatísticas de ordem mais elevada apresentam invariância no tempo.

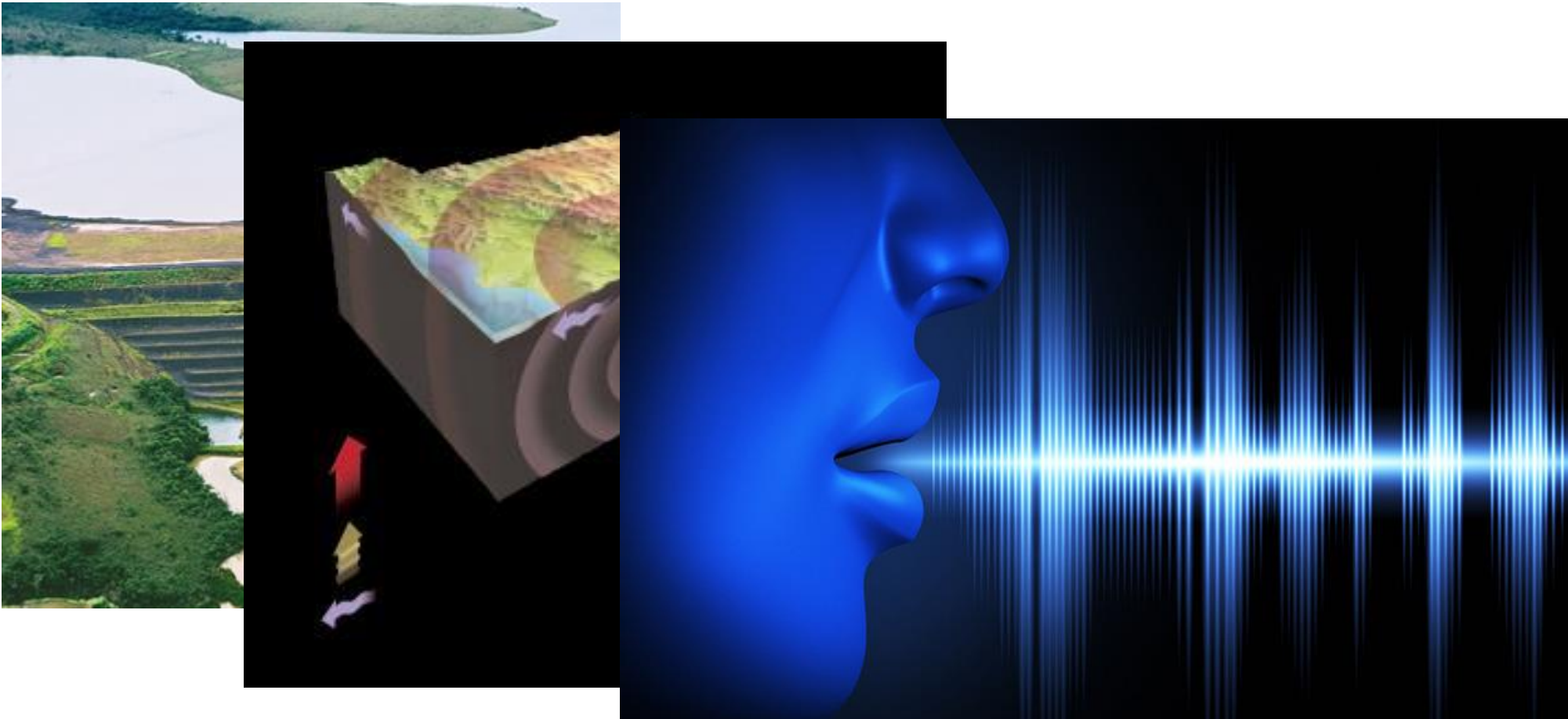




# Classificação de sinais

➤ Tipos de sinal:

➤ Ex. de sinal estocástico não estacionário:

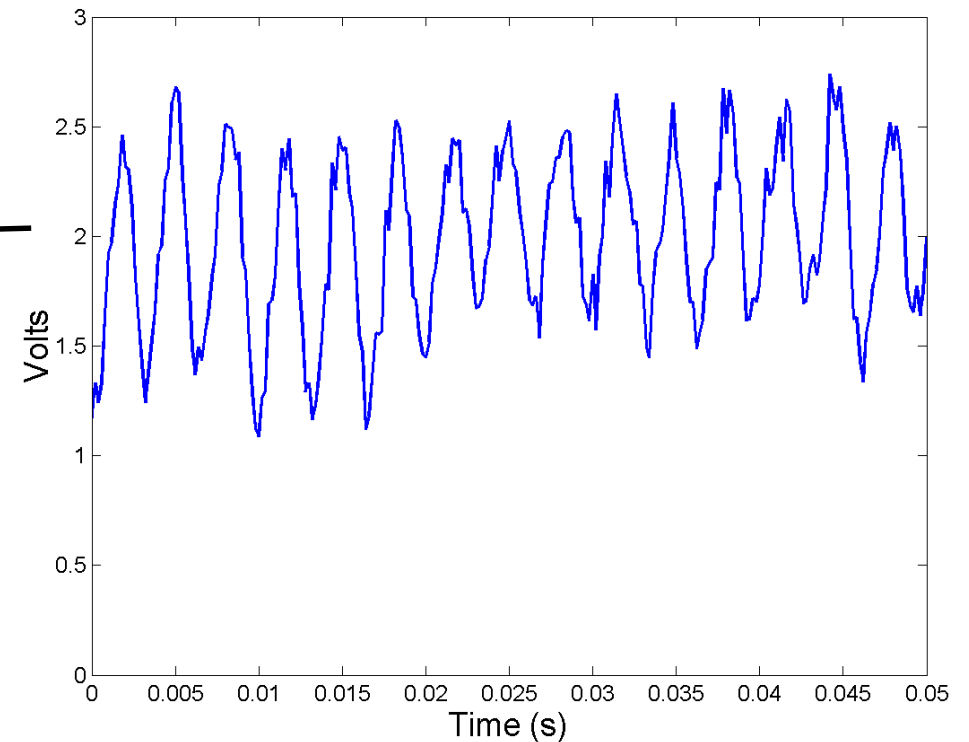
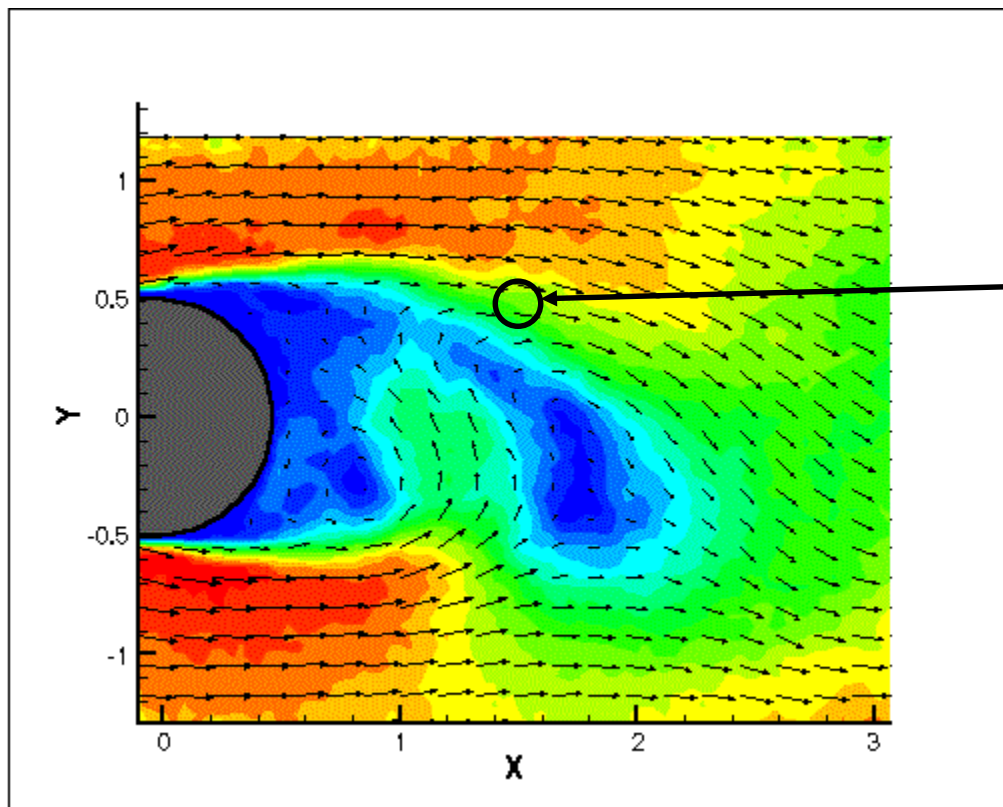


# Análise de Sinais (introdução):

- Exemplo: Classificar sinais em sala usando gerador em MATLAB

# Análise de Sinais (introdução):

- Na prática é comum a ocorrência de uma situação combinada onde coexista uma parcela determinística e uma estocástica.
- Exemplo: Escoamento na esteira de um cilindro



# Análise de Sinais (introdução):

➤ Medidas de amplitude (Distribuição Normal):

➤ Componente média (DC)

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{j=0}^N x_j$$

➤ Período de integração

Componente alternada (AC)

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} (x_j - \mu)^2}$$

Não fornece informação sobre características do sinal

# Análise de Sinais (introdução):

- Medidas de amplitude (Distribuição Normal):
- Em eletrônica os sinais são geralmente definidos em termos de seu valor RMS.
- Componente alternada (AC)

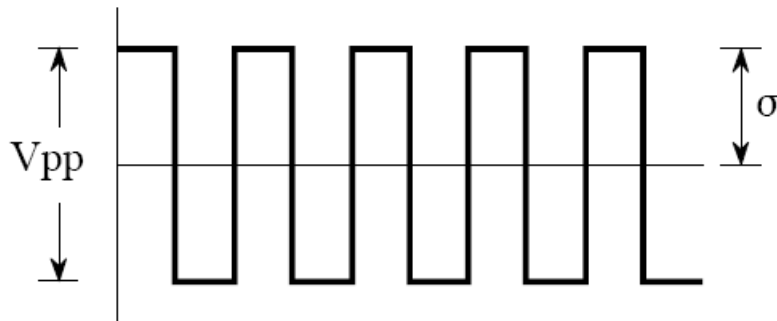
$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} (x_j - \mu)^2} \quad \longrightarrow \quad RMS = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} (x_j)^2}$$

- Sinais sem componente média tem os valores RMS e de desvio padrão iguais. Normalmente, equipamentos de medição em modo AC, removem a média do sinal

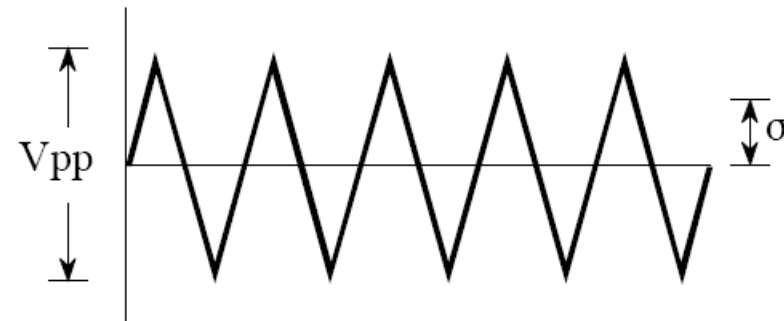
# Análise de Sinais (introdução):

➤ Exemplo: Diferentes formas de onda

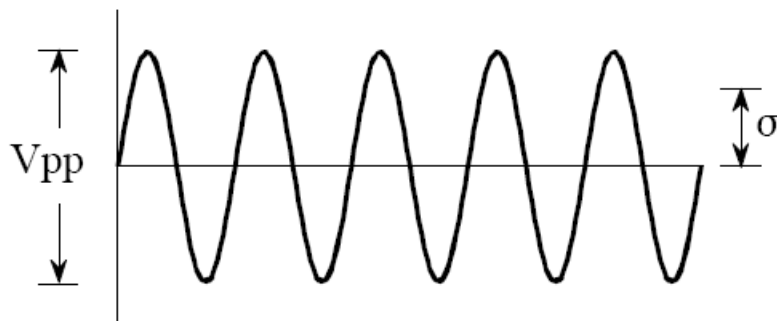
a. Square Wave,  $V_{pp} = 2\sigma$



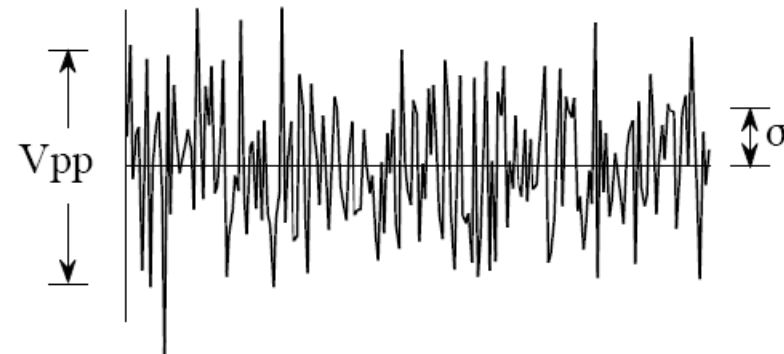
b. Triangle wave,  $V_{pp} = \sqrt{12} \sigma$



c. Sine wave,  $V_{pp} = 2\sqrt{2} \sigma$



d. Random noise,  $V_{pp} \approx 6-8 \sigma$



# Análise de Sinais (introdução):

➤ Exemplo: Diferentes formas de onda (Usar em sala LAB VIRTUAL MATLAB)

Download: <http://lef.mec.puc-rio.br/cursos/processamento-de-sinais/>

