

Capítulo 1: Introdução

- ◆ Razões para a Análise e Transformação de Dados
- ◆ Análise de fenómenos dinâmicos
- ◆ Interação do computador com o mundo exterior

Bibliografia

- ◆ Leitura mínima recomendada:
 - Cap. I, II, III e IV de Steven Smith, The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing
(versão online: <http://www.dspguide.com/>)

Razões para a Análise e Transformação de Dados

Análise de dados (Data Analysis | Data Analytics)

◆ A análise de dados pode ser definida como um processo de:

- inspeção,
- limpeza,
- transformação e modelação de dados

com o objetivo de:

- identificar características e extrair informação útil,
- sugerir ações e apoiar a tomada de decisões

◆ A análise e transformação de dados tem um papel crucial nos tempos atuais para a utilização das diferentes tendências tecnológicas típicas **da Indústria 4.0/5.0, como o Big Data e a Internet of Things (IoT).**

Razões para a Análise e Transformação de Dados

Diversos domínios de aplicação



Activity Recognition Experiment Using Smartphone Sensors

https://www.youtube.com/watch?v=XOEN9W05_4A

Learn how IBM Z can improve your analytics

Oracle Analytics Cloud

Google Analytics Academy

Microsoft Virtual Academy

Introduction to Data Science



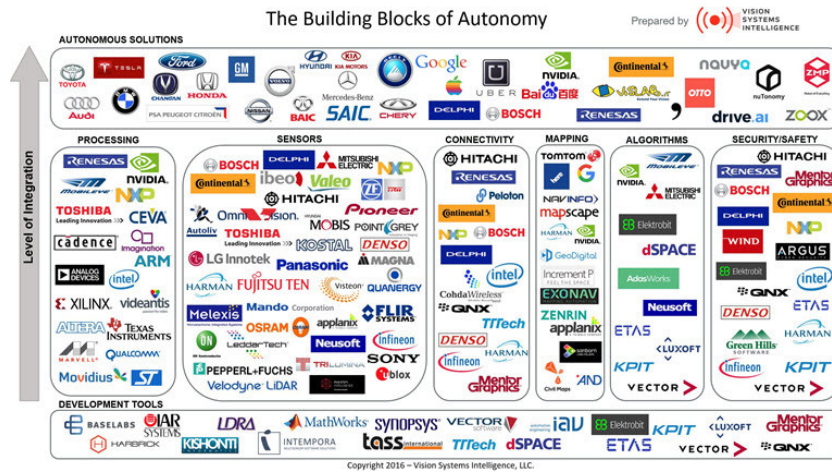
Kyklos 4.0: An Advanced Circular and Agile Manufacturing Ecosystem based on rapid reconfigurable manufacturing process and individualized consumer preferences

ReMAP

Real-time Condition-based Maintenance
for Adaptive Aircraft Maintenance Planning

Razões para a Análise e Transformação de Dados

Diversos domínios de aplicação (exemplo: veículos autónomos)

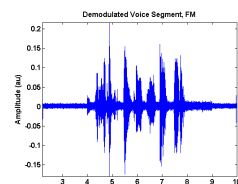


Análise e Transformação de Dados @ DEI - FCTUC 2024/2025

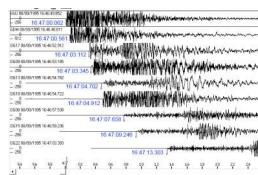
1 - 5

Razões para a Análise e Transformação de Dados

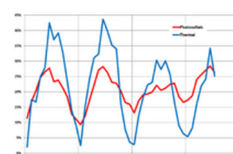
◆ Análise de dados de diferentes tipos nos mais diversos contextos



Voz humana



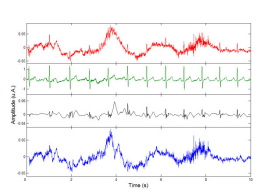
Sismologia



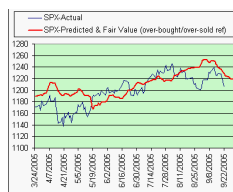
Produção de energia



Áudio



Sinai biométricos



Valor das ações em Bolsa

Análise e Transformação de Dados @ DEI - FCTUC 2024/2025

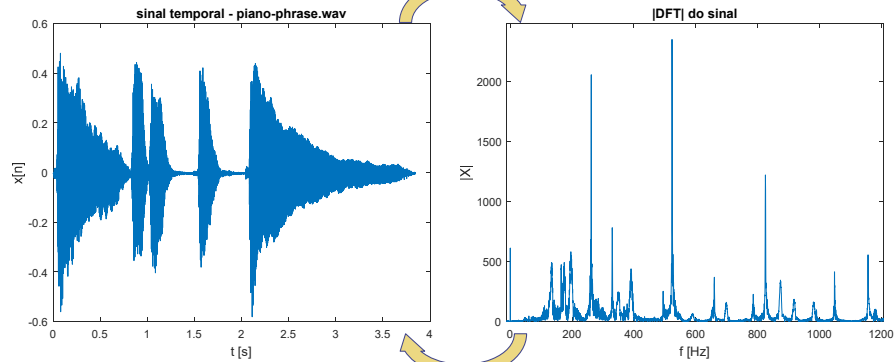
1 - 6

Razões para a Análise e Transformação de Dados

◆ Análise de dados áudio



Mudança de Domínio (Fourier)

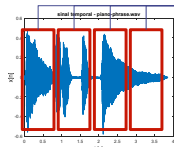


Sinal áudio de tempo discreto

Espetro de frequências do sinal áudio

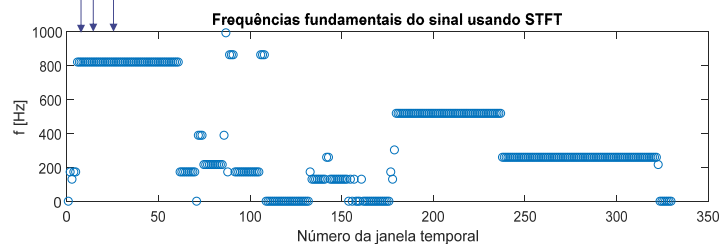
Razões para a Análise e Transformação de Dados

◆ Análise de dados áudio



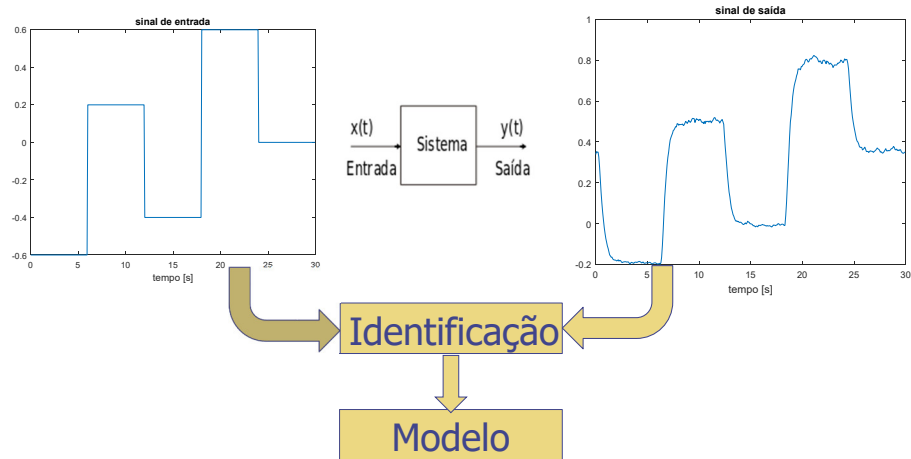
Mudança de domínio

Nota musical	Frequência em Hz									
	1ª Oitava	2ª Oitava	3ª Oitava	4ª Oitava	5ª Oitava	6ª Oitava	7ª Oitava	8ª Oitava	9ª Oitava	-
Dó	33	66	132	264	528	1056	2112	4224	8448	16896
Dó #	34.947	69.894	139.79	279.6	559.15	1118.3	2236.6	4473.2	8946.4	17893
Ré	37.026	74.052	148.1	296.2	592.42	1184.8	2369.7	4739.3	9478.7	18957
Ré #	39.237	78.474	156.95	313.9	627.79	1255.6	2511.2	5022.3	10045	20089
Mi	40.79	81.58	163.16	326.32	652.64	1305.28	2610.56	5221.12	10442.24	20884.48
Fá	42.03	84.06	168.12	336.24	672.48	1344.96	2689.92	5379.84	10759.68	21519.36
Fá #	43.33	86.66	173.32	346.64	693.28	1386.56	2773.12	5546.24	11092.48	22184.96
Sol	44.68	89.36	178.72	357.44	714.88	1429.76	2859.52	5719.04	11438.08	22876.16
Sol #	46.09	92.18	184.36	368.72	737.44	1474.88	2949.76	5899.52	11799.04	23598.08
Lá	47.56	95.12	190.24	380.48	760.96	1521.92	3043.84	6087.68	12175.36	24350.72
Lá #	49.09	98.18	196.36	392.72	785.44	1570.88	3141.76	6283.52	12567.04	25134.08
Si	50.68	101.36	202.72	405.44	810.88	1621.76	3243.52	6487.04	12984.08	25968.16
Dó	52.33	104.66	209.32	418.64	837.28	1674.56	3349.12	6698.24	13396.48	26812.96



Razões para a Análise e Transformação de Dados

◆ Análise de dados de um sistema dinâmico

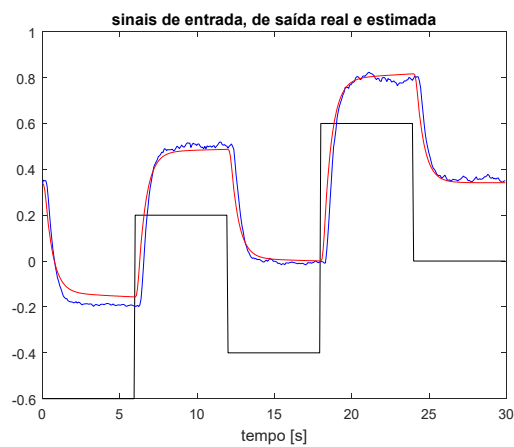


Análise e Transformação de Dados @ DEI - FCTUC 2024/2025

1 - 9

Razões para a Análise e Transformação de Dados

◆ Análise de dados de um sistema dinâmico com base no modelo



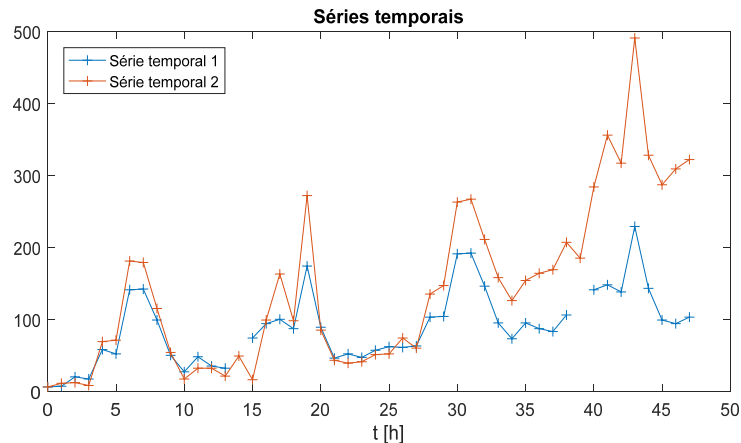
Análise e Transformação de Dados @ DEI - FCTUC 2024/2025

1 - 10

Razões para a Análise e Transformação de Dados

◆ Análise de séries temporais

- Sequência ordenada de observações feitas ao longo do tempo



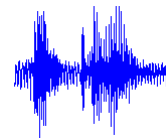
Análise e Transformação de Dados @ DEI - FCTUC 2024/2025

1 - 11

Análise de fenómenos dinâmicos

◆ O que é um **sinal**?

- ◆ Sinais são **funções que transportam informação**, usualmente nas dimensões temporal e/ou espacial.



- ◆ Um sinal é uma **função de uma ou mais variáveis independentes (normalmente tempo e/ou espaço)**, contendo informação sobre um determinado fenómeno físico.



- ◆ **Matematicamente:** um sinal é uma função que relaciona elementos de um domínio (espaço, tempo, ...) com elementos de outro domínio, i.e. o contra-domínio:

- Exemplo: Grandeza física como a temperatura ($T(t)$, $T(x,y,z)$, $T(t,x,y,z)$), a pressão do ar ($P(t)$, $P(x,y,z)$, $P(t,x,y,z)$), a intensidade luminosa, ...



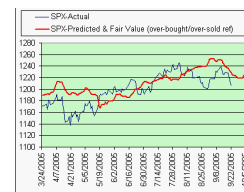
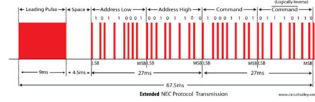
Análise e Transformação de Dados @ DEI - FCTUC 2024/2025

1 - 12

Análise de fenómenos dinâmicos

Exemplos de **sinais**:

- ◆ Sinais **infravermelhos** usados, por exemplo, para controlar remotamente equipamentos eletrônicos.
- ◆ O **som produzido pela voz humana**, representado pela variação de pressão do ar e pelo sinal elétrico usado na sua transmissão através de um cabo telefónico.
- ◆ A sequência de valores correspondentes aos movimentos de ações na Bolsa ao longo de um dado período de tempo.
- ◆ Um filme de vídeo, constituído por uma sequência de imagens.



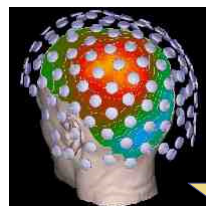
Análise de fenómenos dinâmicos

- ◆ Análise de Dados → Mudança de domínio → Transformação Tempo – Frequência → Usando, por exemplo, análise de Fourier

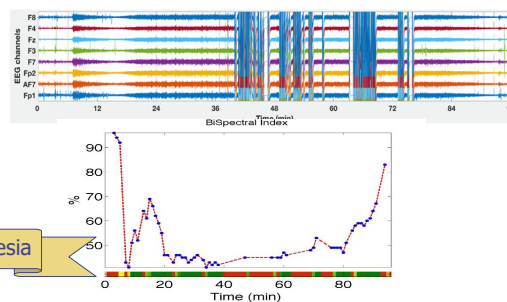
- ◆ Porquê Fourier?

- Muitos fenómenos que ocorrem na natureza são **oscilatórios**
 - ♦ Eletroencefalograma (EEG)

$$x(t) = \sum_{m=0}^M C_m \cos(m\omega_0 t + \theta_m) \quad , -\infty < t < \infty$$



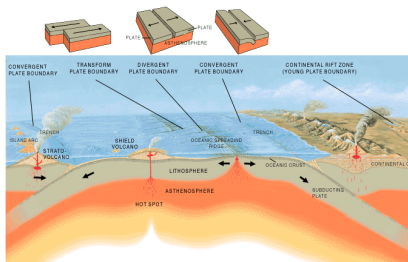
Anestesia



Análise de fenómenos dinâmicos

◆ Análise de Dados: Porquê Fourier?

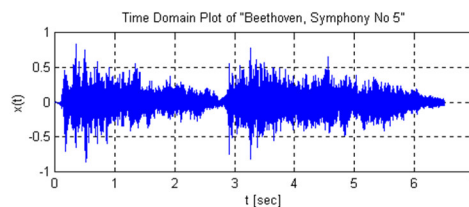
- Muitos fenómenos que ocorrem na natureza são oscilatórios
 - ◆ Atividade Sísmica



Análise de fenómenos dinâmicos

◆ Análise de Dados: Porquê Fourier?

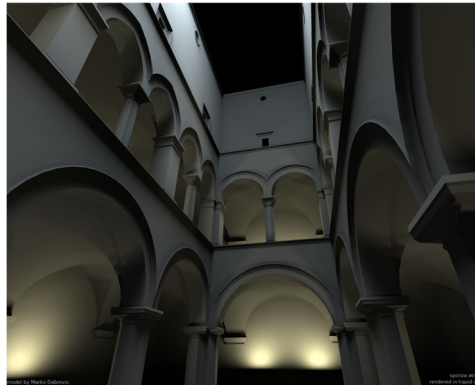
- Muitos fenómenos que ocorrem na natureza são oscilatórios
 - ◆ Áudio



Análise de fenómenos dinâmicos

◆ Análise de Dados: Porquê Fourier?

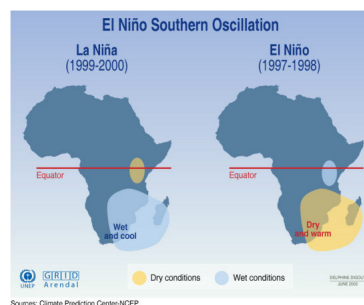
- Muitos fenómenos que ocorrem na natureza são oscilatórios
 - ◆ Luz



Análise de fenómenos dinâmicos

◆ Análise de Dados: Porquê Fourier?

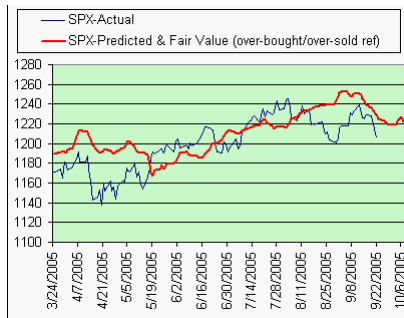
- Muitos fenómenos que ocorrem na natureza são oscilatórios
 - ◆ Diversos fenómenos meteorológicos



Análise de fenómenos dinâmicos

◆ Análise de Dados: Porquê Fourier?

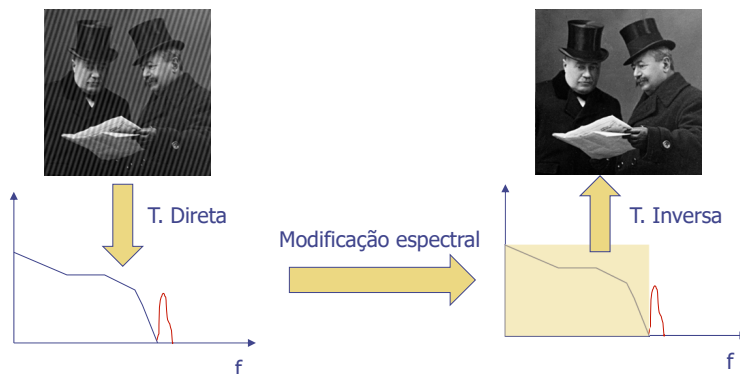
- Muitos dados económicos são **oscilatórios**



Análise de fenómenos dinâmicos

◆ Análise de Dados: Porquê Fourier?

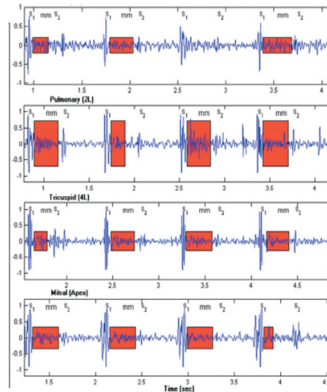
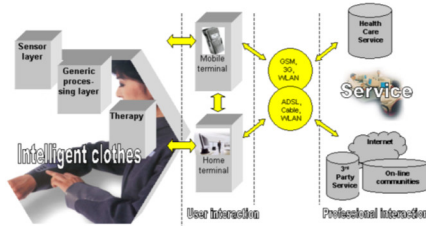
- Ferramenta poderosa para a Análise e Transformação dos Dados



Análise de fenómenos dinâmicos

◆ Análise de Dados: Porquê Fourier?

- Ferramenta poderosa para a Análise e Transformação dos Dados
 - ◆ Identificação de características e padrões



Análise e Transformação de Dados @ DEI - FCTUC 2024/2025

1 - 21

Análise de fenómenos dinâmicos

◆ Análise de Dados: Porquê Fourier?

- Ferramenta poderosa para a Análise e Transformação dos Dados



Análise e Transformação de Dados @ DEI - FCTUC 2024/2025

1 - 22

Análise de fenómenos dinâmicos

◆ Análise de Dados: Porquê Fourier?

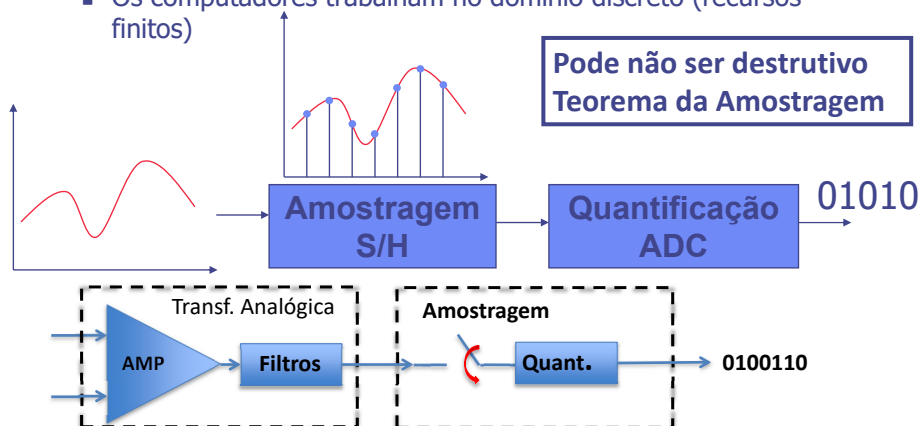
- Ferramenta poderosa para a Análise e Supervisão de Sistemas
 - ♦ A resposta de um sistema linear a uma senoide é uma senoide com a mesma frequência, amplificada e desfasada.



Interação do computador com o mundo exterior

◆ Aquisição de dados

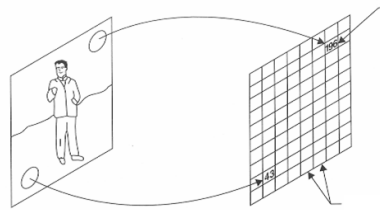
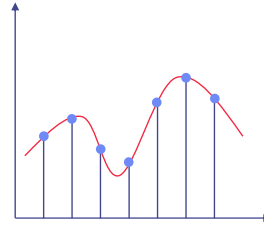
- Muitas das fontes de dados são contínuas
- Os computadores trabalham no domínio discreto (recursos finitos)



Interação do computador com o mundo exterior

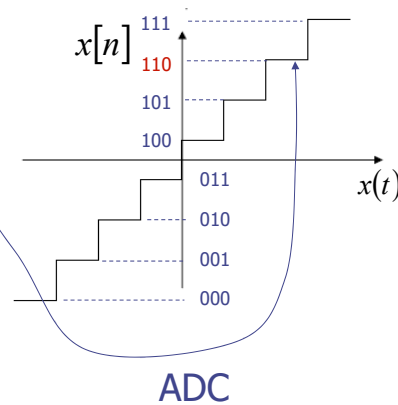
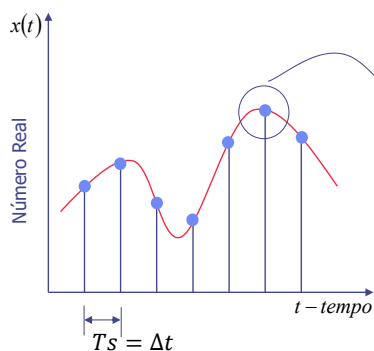
◆ Amostragem

- Temporal
 - ◆ Som
 - ◆ Temperatura
- Espacial
 - ◆ Imagem
- Temporal e Espacial
 - ◆ Vídeo



Interação do computador com o mundo exterior

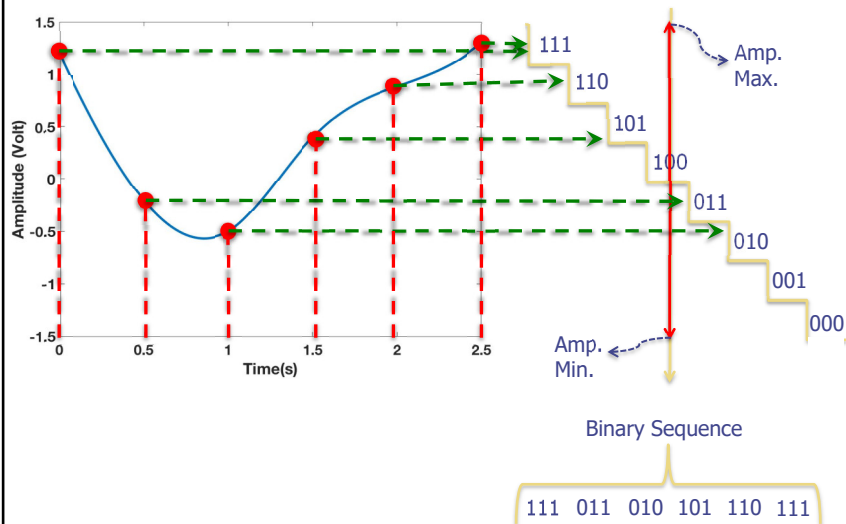
◆ Conversão Analógico para Digital (ADC)



Período de Amostragem (**Resolução Temporal**):

$$Ts = 1/fs, \quad Ts \text{ em s}, \quad fs \text{ em Hz}$$

Interação do computador com o mundo exterior

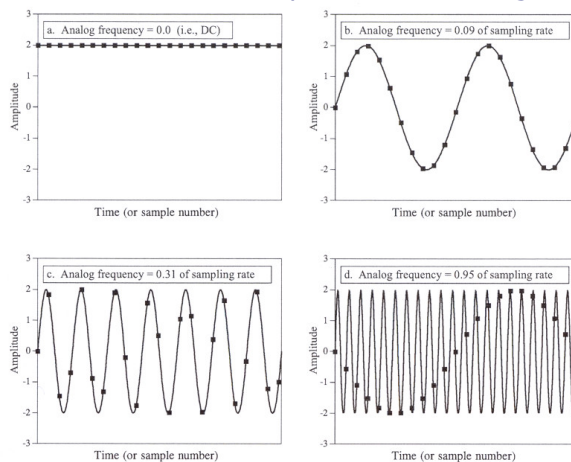


Análise e Transformação de Dados @ DEI - FCTUC 2024/2025

1 - 27

Interação do computador com o mundo exterior

◆ Influência da Frequência de Amostragem



f_{max} = frequência máxima no sinal

Teorema de Nyquist (ou da Amostragem):
 $f_s > 2 f_{max} \Rightarrow$ reconstrução perfeita do sinal original

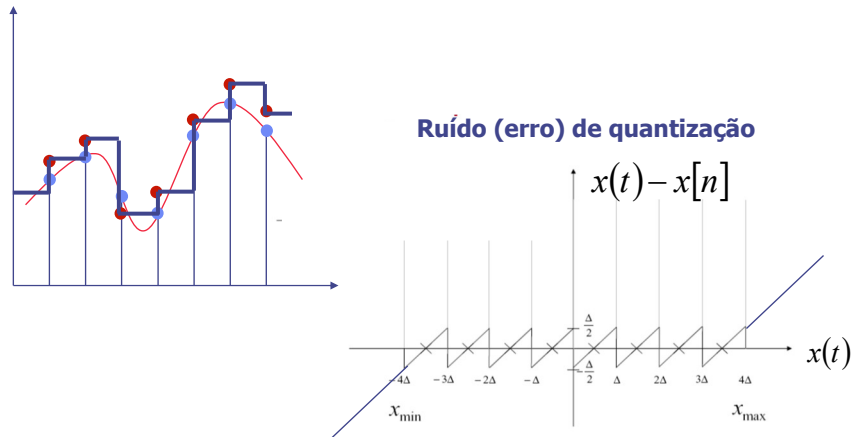
Caso contrário, **Aliasing**

Análise e Transformação de Dados @ DEI - FCTUC 2024/2025

1 - 28

Interação do computador com o mundo exterior

◆ Computador e Meio Físico



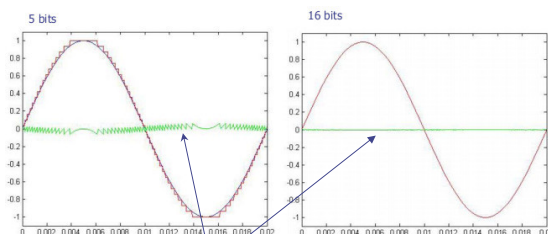
Análise e Transformação de Dados @ DEI - FCTUC 2024/2025

1 - 29

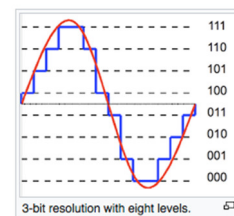
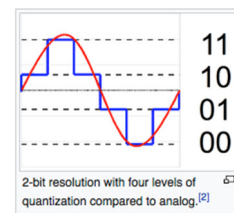
Interação do computador com o mundo exterior

◆ Quantização (**Resolução de Amplitude**)

- Define a resolução de amplitude do sinal digitalizado
- Mais bits implica mais níveis de quantização e uma maior proximidade entre o sinal digital e o sinal analógico
- 8 bits ($2^8=256$ níveis), ..., 24 bits ($2^{24}=16777216$ níveis)



Erro de quantização



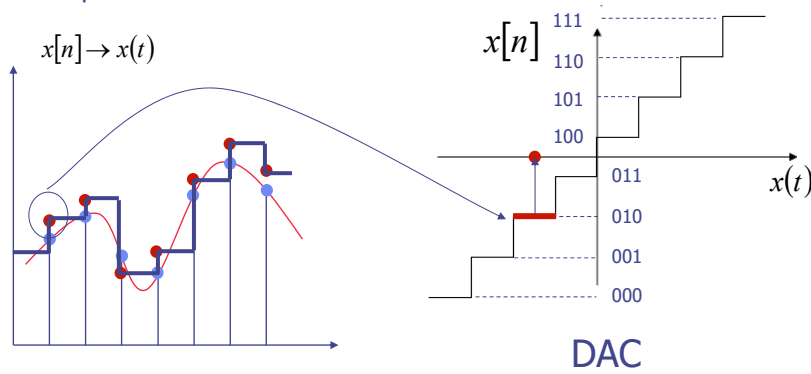
[https://en.wikipedia.org/wiki/Quantization_\(signal_processing\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Quantization_(signal_processing))

Análise e Transformação de Dados @ DEI - FCTUC 2024/2025

1 - 30

Interação do computador com o mundo exterior

◆ Computador e Meio Físico



Conversão Digital para Analógico (DAC)

Interação do computador com o mundo exterior

