

SIM 17/18 – T6
Processamento de Sinal e
Imagem Médica

Miguel Tavares Coimbra

Resumo

- Sinal e Imagem Médica
- Sinal Digital
- Processamento de Sinal
- Processamento de Imagem

Sinal e Imagem na Medicina

O que é um Sinal?

- Definição tradicional de *Sinal*

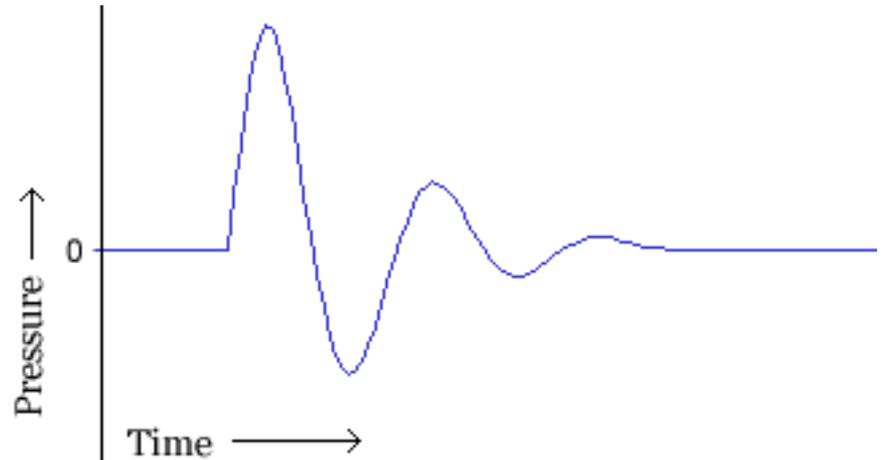
- Um sinal é uma grandeza que varia no tempo e/ou espaço.

- Exemplos:

- $f(t)$ – Som

- $f(x,y)$ – Imagem

- $f(x,y,t)$ – Vídeo

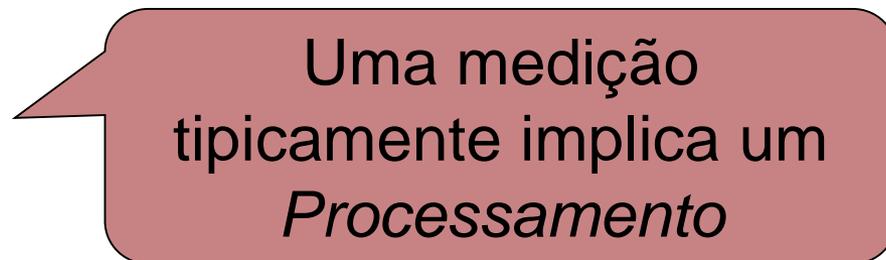
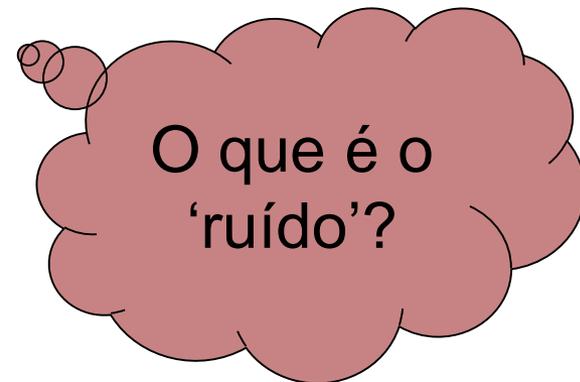


Sinais 'Reais'

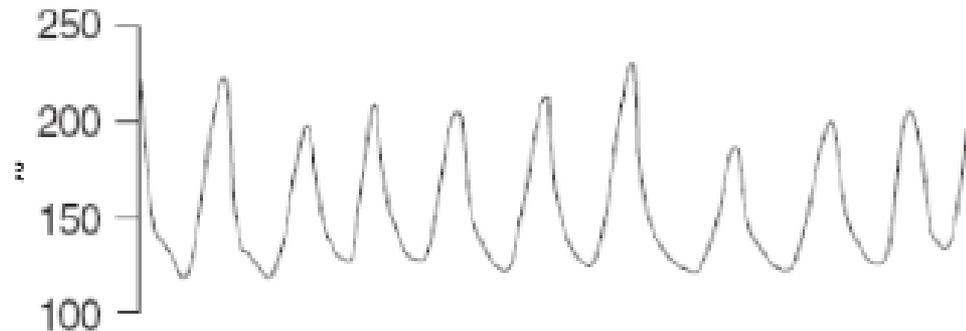
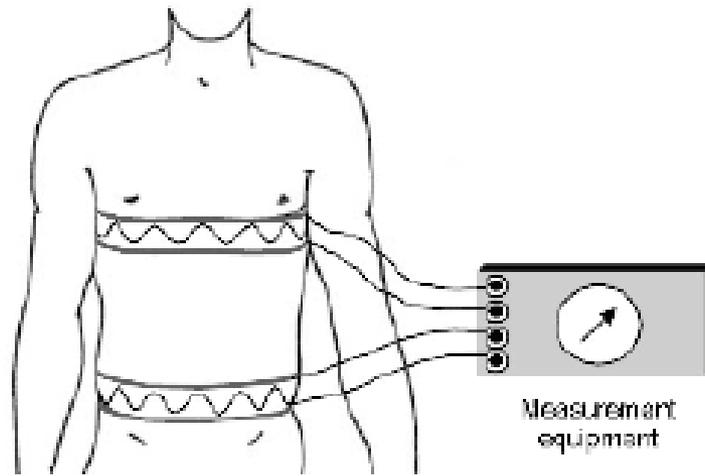
- Os sinais reais são *Analógicos*.
 - Variam continuamente no tempo.
 - Variam continuamente em amplitude.
- A análise de um sinal real implica uma medição.
- Sinais reais:
 - Pressão arterial
 - Temperatura corporal

Medição de um Sinal

- Um processo de medida implica erro.
- Logo: Qualquer sinal real têm ruído.
 - Altero a pressão dos pneus do carro quando a meço.
 - Altero a temperatura da água da banheira quando uso o termómetro.



Ritmo respiratório



Slide criado por Fausto Fernandes, MIM, UP

Pressão arterial

- Pressão exercida pelo sangue contra a superfície interna das artérias

– Método Analógico (Contínuo)



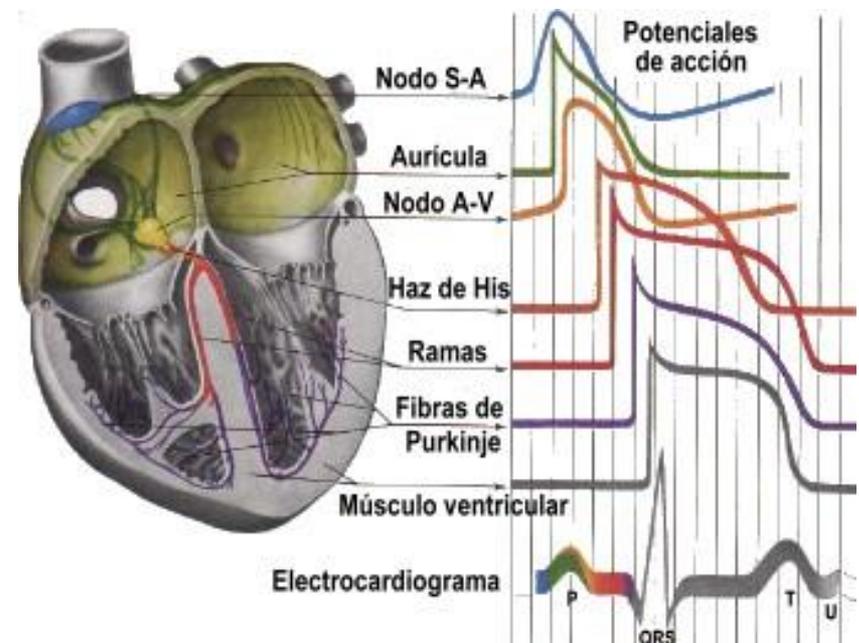
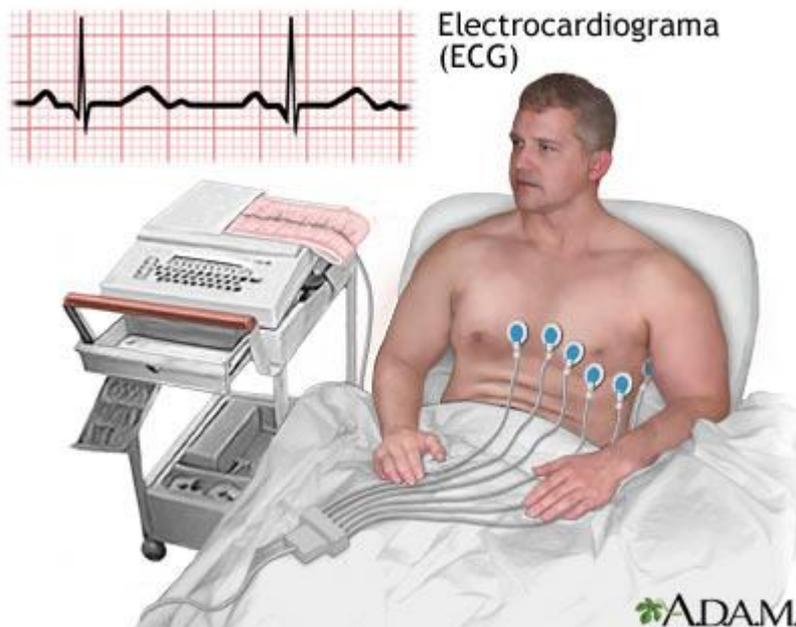
– Método Digital (Discreto)



Slide criado por Fausto Fernandes, MIM, UP

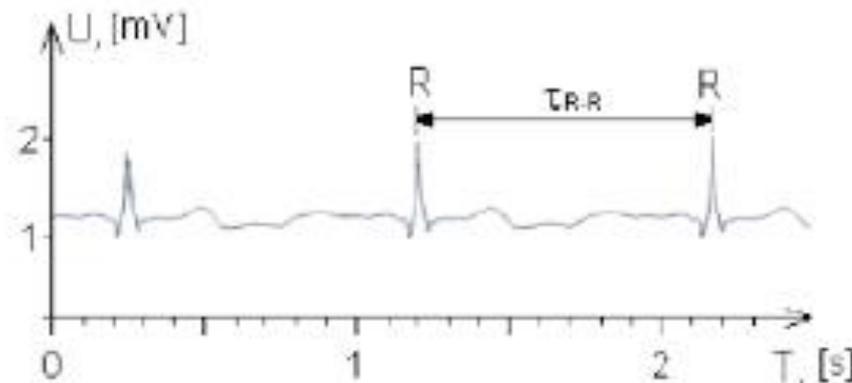
Electrocardiograma (ECG)

- Registo da actividade eléctrica do coração



Slide criado por Fausto Fernandes, MIM, UP

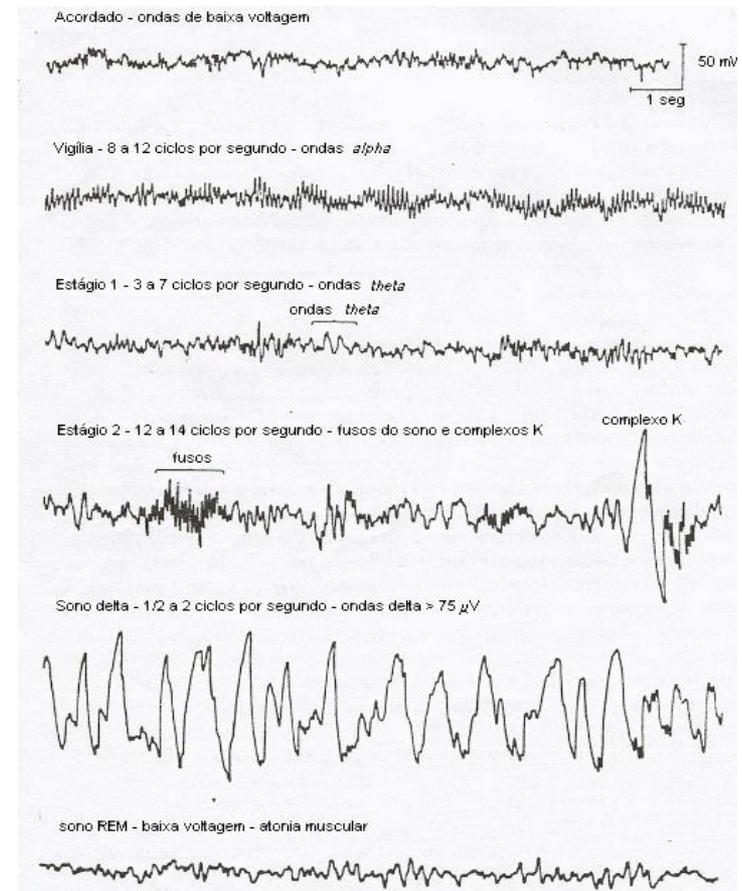
Ritmo cardíaco



Slide criado por Fausto Fernandes, MIM, UP

Electroencefalograma (EEG)

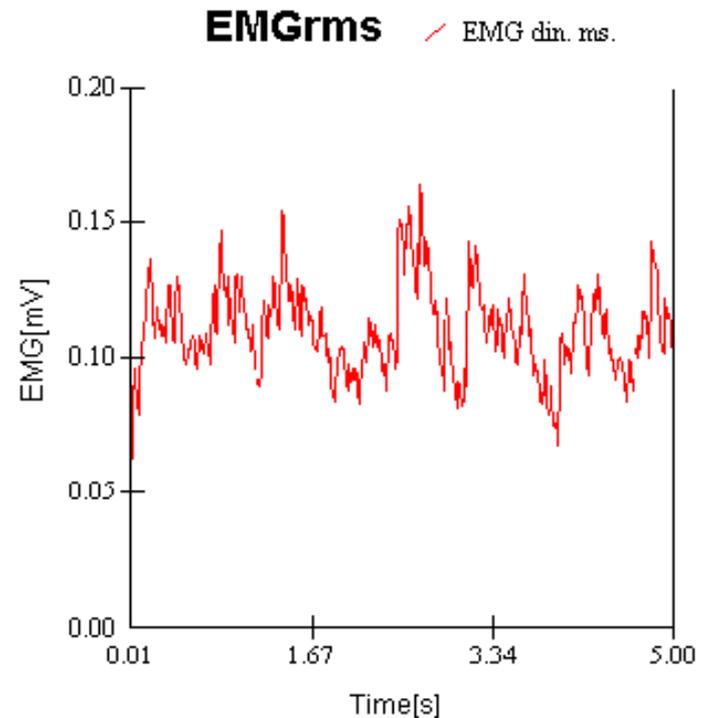
- Registo da actividade eléctrica do encéfalo



Slide criado por Fausto Fernandes, MIM, UP

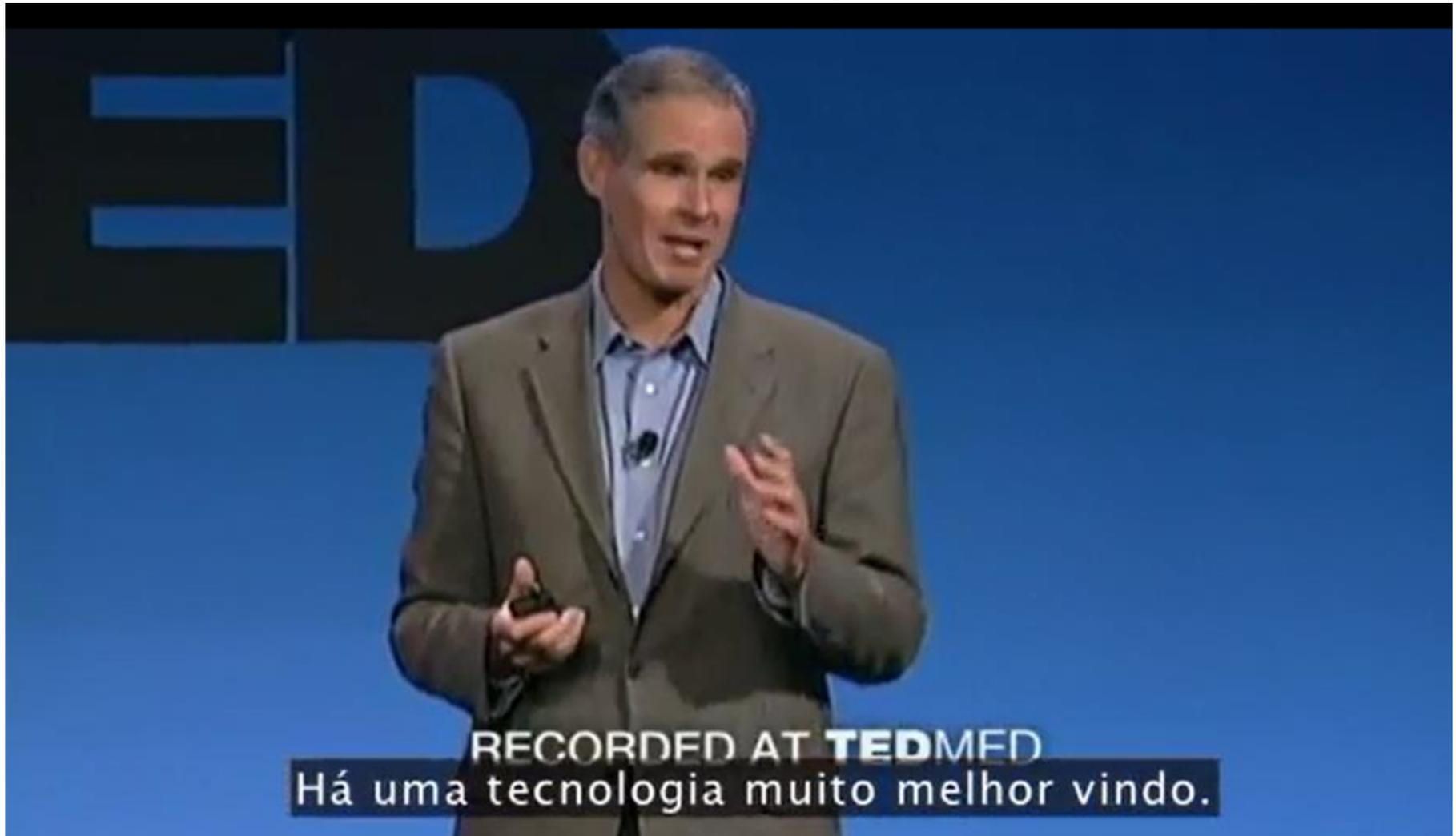
Electromiografia (EMG)

- Registo da actividade eléctrica muscular



Slide criado por Fausto Fernandes, MIM, UP

Video – Erik Topol (2009!)

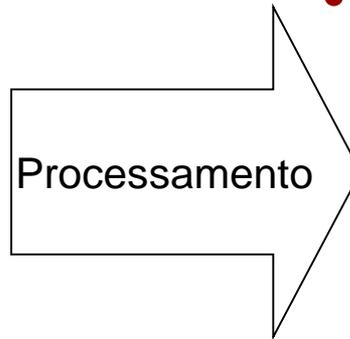


Para quê processar sinais?

Processamento de Dados

- **Dados**

- Factos
- Mensuráveis
- Ausência de significado



- **Informação**

- Dados interpretados
- Dados relacionados
- Contexto
- Estrutura

Definições claramente insatisfatórias!

“A informação representa o dado interpretado, contextualizado ou utilizado por alguém.” in *Wikipedia*.

O que é o “Processamento” de Sinal e Imagem?

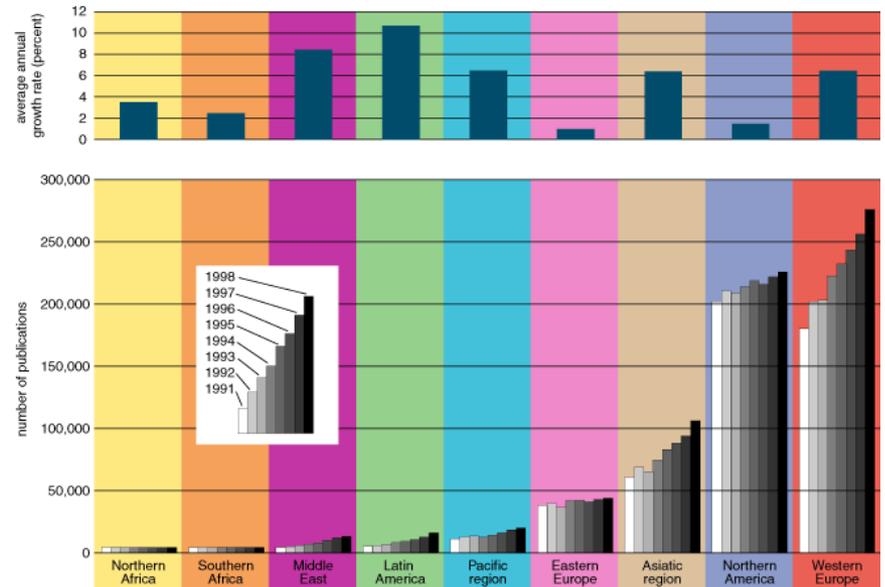
- **Processamento de Sinal**
 - Análise, interpretação e manipulação de um sinal.
- **Exemplo:**
 - Para medir uma temperatura, ‘processo’ o comprimento de um volume de mercúrio.



Produção Excessiva de Dados

- O número de dados produzidos pelos seres humanos cresce a uma velocidade vertiginosa.

- Fotografias
- Vídeo
- Música
- Livros
- Publicações
- ...



Número de publicações científicas por região do mundo
- adaptado de *American Scientist Online*

Problemas

- Como anotar tudo isto?
- Como armazenar tudo isto?
- Como pesquisar tudo isto?

Não consigo fazer isto tudo. Preciso de ajuda!



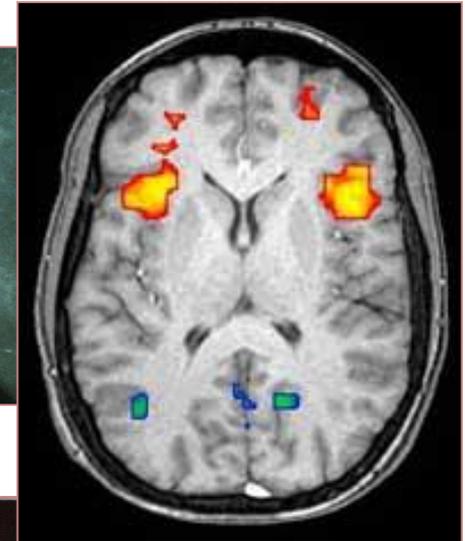
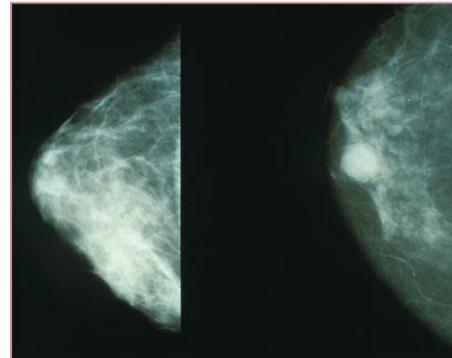
O que fazer? Processar!

- Com o Processamento posso:
 - Eliminar dados redundantes.
 - Converter dados noutro tipo de dados mais úteis.
 - Descobrir ‘Padrões’ nos dados para apoio à minha pesquisa.
 - Analisar os dados e tirar conclusões.
 - ...
- O Processamento permite-me ‘navegar’ num ‘mar’ de dados.



Dados Médicos

- Exames Clínicos
- Dados de Pacientes
- Imagem Médica
- ...



Assistimos a uma verdadeira 'explosão' de dados de imagem médica!

Vantagens do Processamento de Dados Médicos

- **Armazenamento**
 - Redução do tamanho dos dados.
 - Indexação mais eficiente dos dados.
- **Anotação**
 - Redução dos tempos de anotação.
 - Anotação automática.
- **Pesquisa**
 - Maior flexibilidade na pesquisa.
 - Pesquisa mais rápida e eficiente.

Exemplos

- **Exames de Cápsula Endoscópica**
 - Produzem vídeos com 8 horas de duração e ficheiros com 1 Gb de tamanho.
 - Um especialista pode gastar 2 horas a anotar um vídeo.
 - Portugal é responsável por 1000 exames por ano.
 - A nível mundial já foram feitos 300.000 exames.
- **Quem paga tudo isto?**
 - Armazenamento
 - Anotação
 - Tempo perdido pelos médicos

www.capview.org

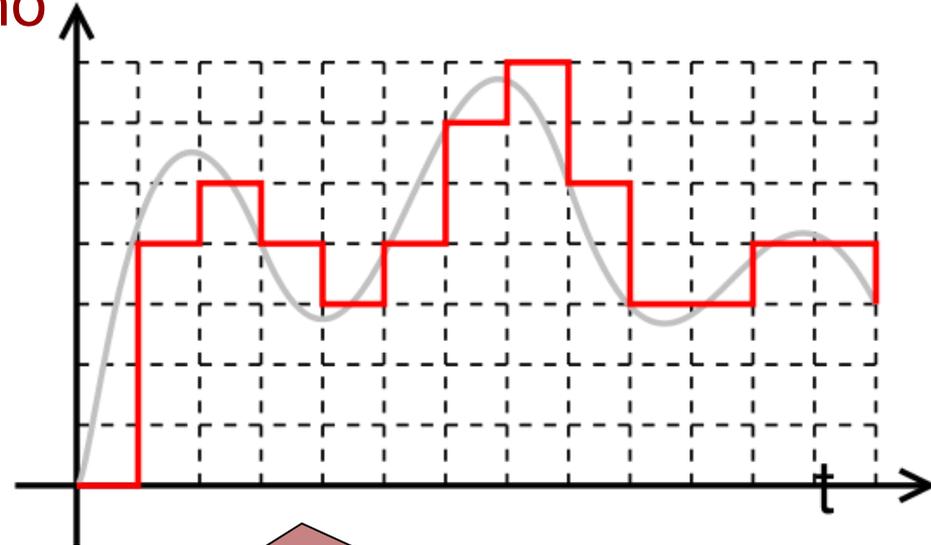
Sinal Digital

Problema

- Sinais reais são contínuos em amplitude e tempo
- Os computadores só trabalham com dois símbolos: 1 e 0
- Como posso converter os sinais para uma linguagem que o computador ‘perceba’?

Analógico vs. Digital

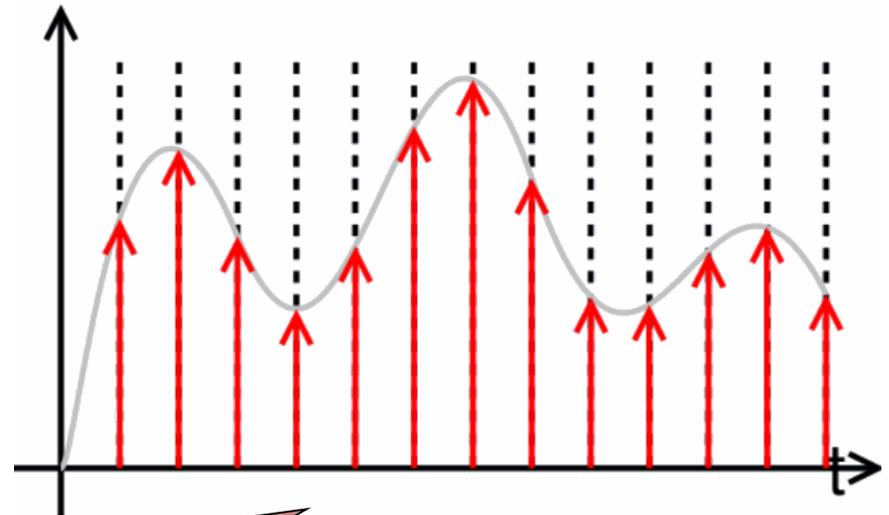
- Sinal analógico: Contínuo no tempo e na amplitude.
 - Som emitido pelas colunas do rádio
 - Imagem emitida pela televisão
 - Velocidade do meu automóvel
- Sinal digital: Discreto no tempo e na amplitude.
 - Amostragem
 - Quantização



A conversão analógica-digital implica perda de informação!

Amostragem

- Apenas um valor é recolhido num intervalo definido de tempo.
 - Cada valor corresponde a uma ‘amostra’.
- Frequência de amostragem
 - Número de amostras recolhidas por segundo

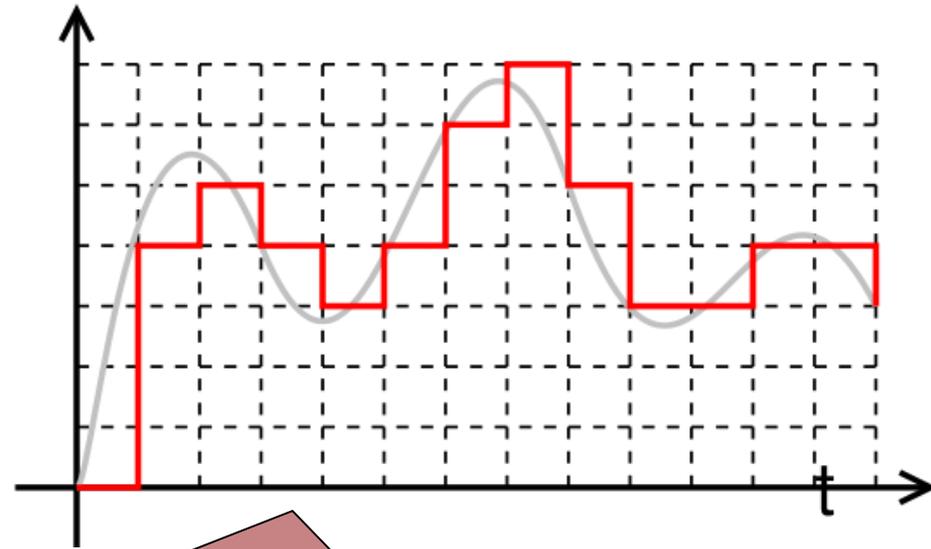


Frequência de Nyquist: A frequência máxima do sinal amostrado é igual a metade da frequência de amostragem



Quantização

- Amostras possuem um número finito de valores possíveis.
 - O valor analógico é arredondado para o valor válido mais próximo.
- Intervalo de quantização.
 - Diferença entre dois valores válidos.



Quanto menor o intervalo de quantização, maior a precisão do sinal. *Problema:* Precisamos de mais memória para o armazenar!

Sinal Digital

- **Maior nível inicial de ruído (quantização, amostragem)**
 - Um CD novo tem pior qualidade de som do que um disco de vinil novo.
- **Melhor robustez ao ruído**
 - Um CD velho tem melhor qualidade de som do que um disco de vinil velho.
 - Uma cópia de um CD é exactamente igual ao CD original
 - Uma cópia de uma cassette tem mais ruído do que a cassette original.
- **Pode ser processado por um computador!**

Demonstra-se matematicamente!

Outros 1s e 0s

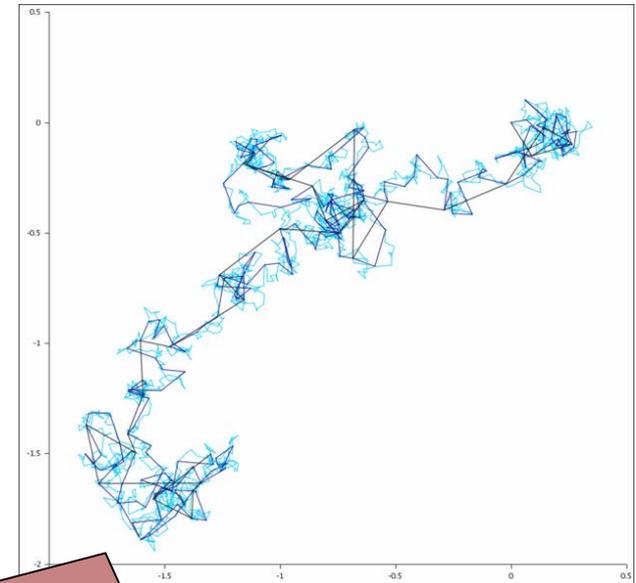
- Como quantifico cor?
- Como quantifico textura?
- Como quantifico conhecimento?

Representações de conhecimento são um dos grandes desafios do processamento de sinal

Ruído: O grande inimigo

O que é o Ruído?

- Define-se como qualquer degradação do sinal original.
- Todos os sistemas reais contêm ruído.
 - Ruído de medição.
 - Ruído de quantização / amostragem.
 - Ruído térmico.
 - ...



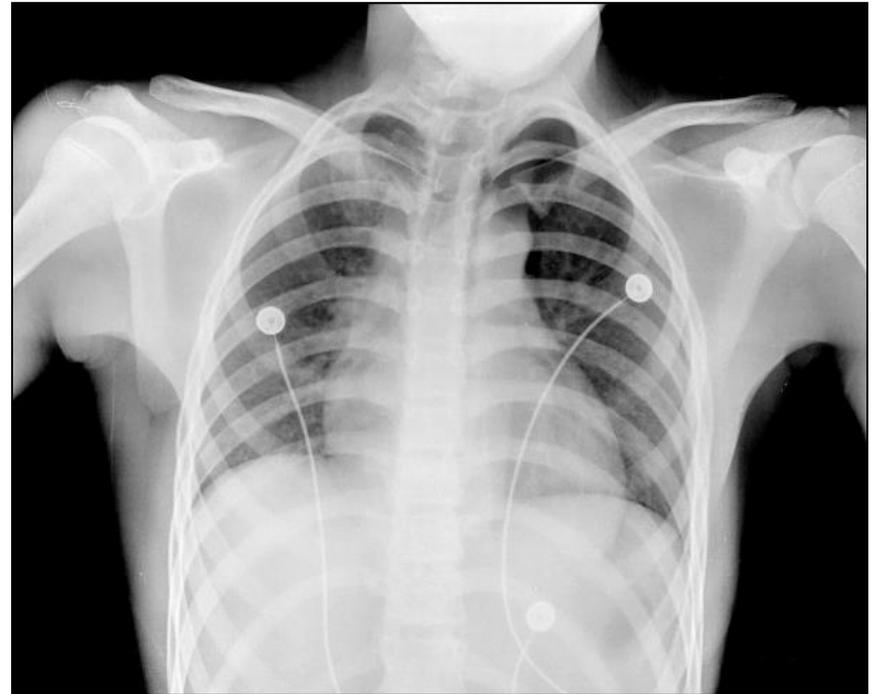
Todas as partículas microscópicas vibram a uma frequência relacionada com a sua temperatura. O ruído constante provocado por esta vibração chama-se **Ruído Térmico.**

Fontes de Ruído

- Diferentes sinais são afectados por diferentes fontes de ruído.
- Para processar um sinal, devo estudar que fontes de ruído são relevantes.
- Algumas fontes de ruído ‘universais’:
 - Ruído térmico.
 - Ruído de medição.
 - Ruído de quantização / amostragem.

Algoritmos de Processamento

Negativo de uma imagem



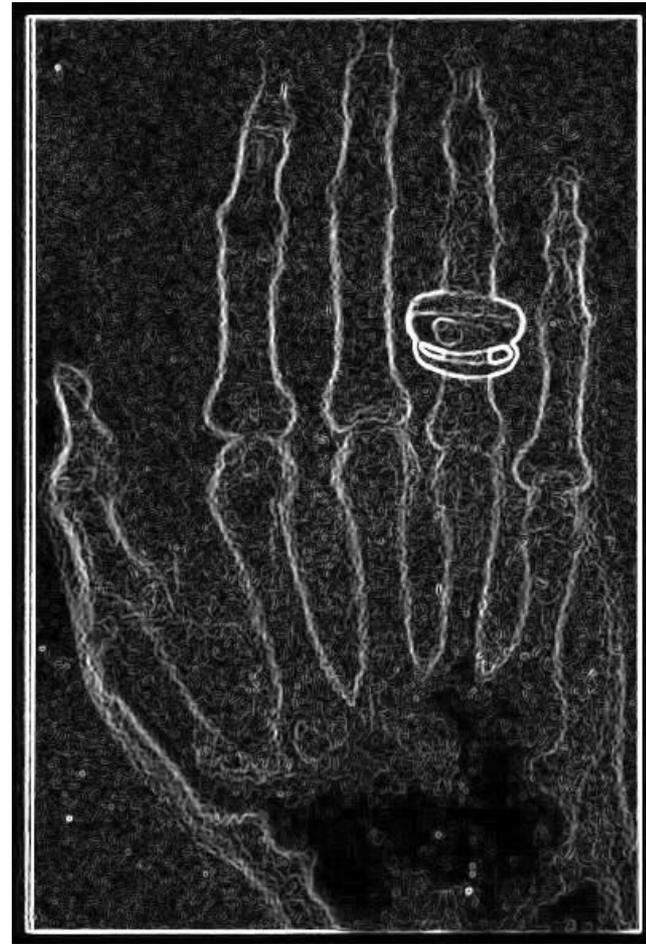
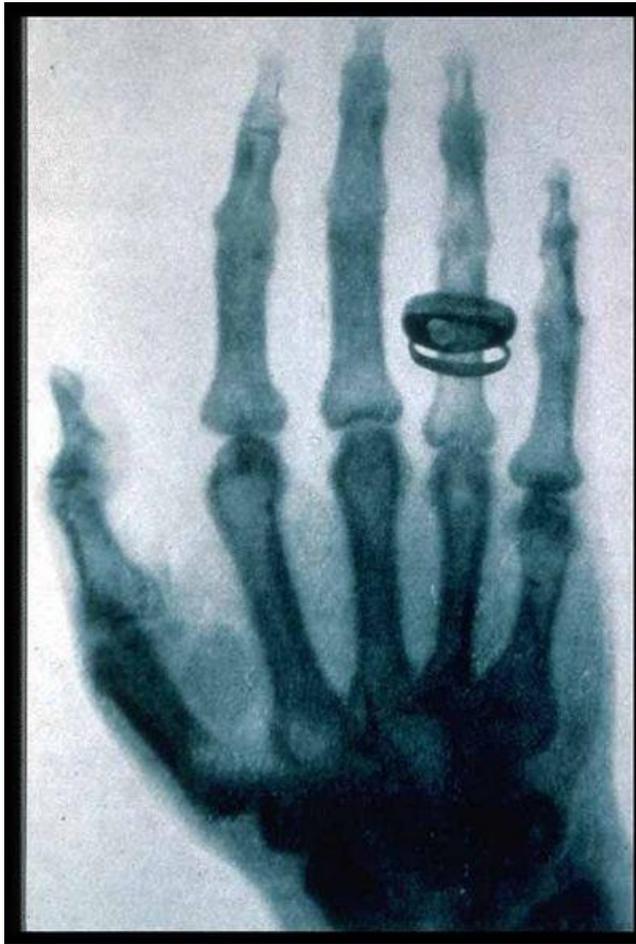
Contrast Stretching



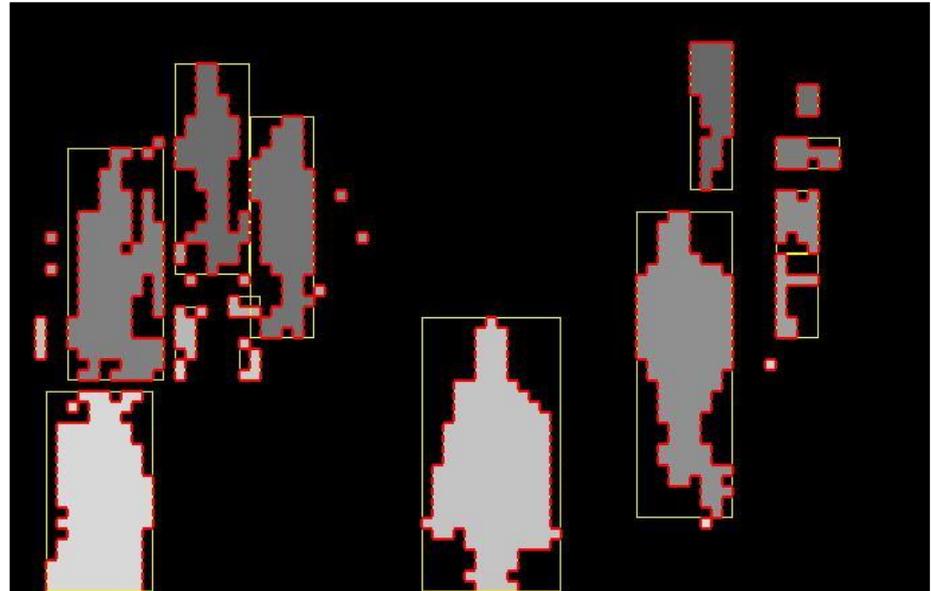
Filtros de suavização



Detecção de fronteiras



Segmentação



Fluxo óptico

