

# Introdução à Instrumentação e Medida Biomédica

Prof. Adilton Carneiro

Departamento de Física e Matemática

# Instrumentação Biomédica

- São ferramentas que transformam informações físicas, que estão direta ou indiretamente relacionadas com os seres vivos, em registros visíveis ou audíveis.
- Por exemplo: registro das propriedades térmicas, acústicas, elétricas, magnéticas, etc.

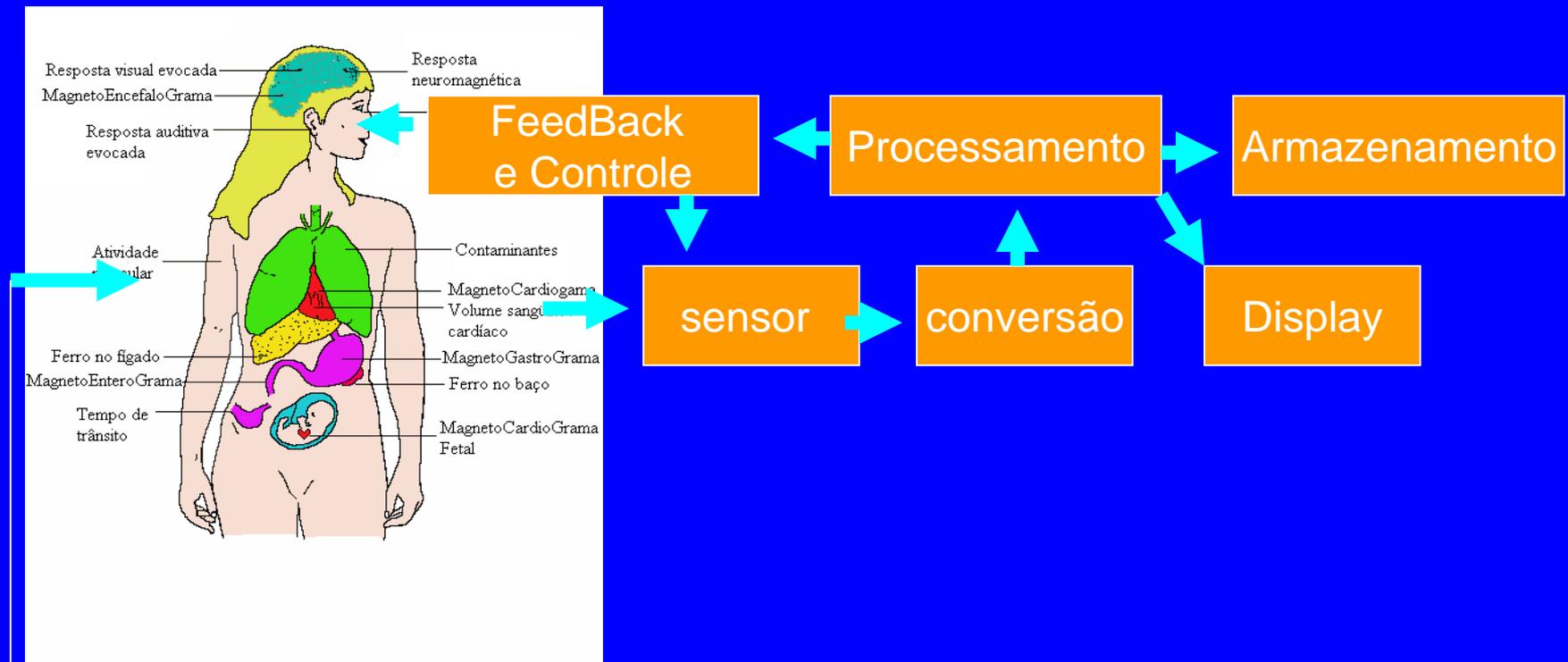
# A evolução da instrumentação

- Transferência de tecnologia:
  - nas Guerras Mundiais;
  - nas pesquisas aeroespaciais (NASA-National Aeronautics and Space Administration) - Os programas espaciais precisavam de monitoramento fisiológicos acurados para monitorar os astronautas no espaço. Estes programas liberavam verbas para as universidades e hospitais em toda a parte do mundo que tinha base de monitoramento de astronauta.
  - Evolução na caracterização dos materiais em geral;

# Medida biomédica ou Biometria

- É uma parte da ciência que inclui as medidas de variáveis e parâmetros fisiológicos.

# Diagrama generalizado do sistema de instrumentação médica



Radiação ionizante e/ou não ionizante

# Modos operacionais alternativos

- Medidas diretas e indiretas;
- Medidas de curta e longa duração;
- Sensores modulados ou diretos;
- Analógicos e digitais;
- Tempo-real (Real-Time) e com atraso temporal (Delayed-time);

# Classificação dos Instrumentos Biomédicos

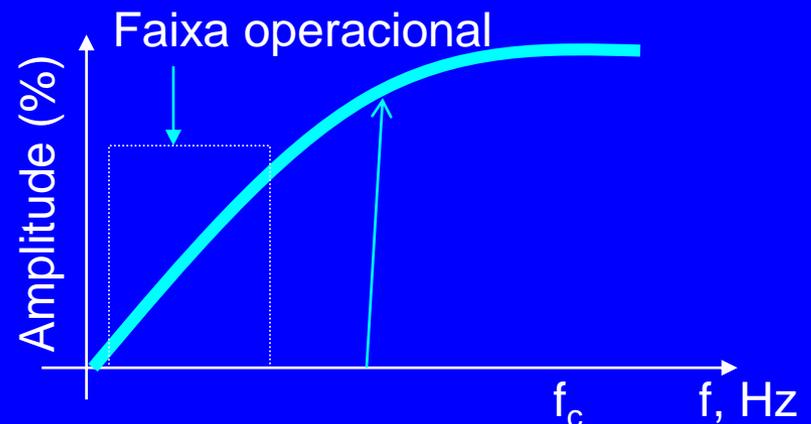
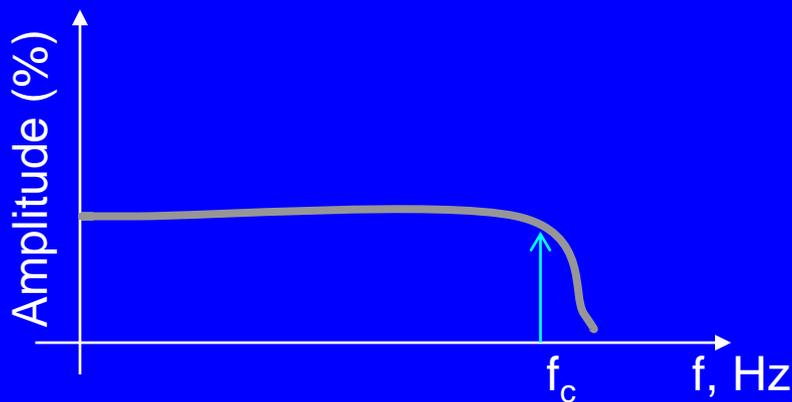
- Os instrumentos biomédicos são comumente classificados pela especialidade clínica: Pediatria, Obstetrícia; Cardiologia, ou Radiologia;
- Uma outra classificação comum na técnica de medidas biomédicas envolve o sistema dos órgãos, tal como, o Cardiovascular, o Pulmonar, Nervoso e Endócrino;
- Aquelas aplicações quantitativa mais comum geralmente são classificadas pela utilidade do sensor, tal como: sensores de pressão, de fluxo, ou de temperatura;
- Uma terceira classificação seria pelo princípio do transdutor: resistivo, indutivo; capacitivo; ultra-sônico; ou eletroquímico;

# Fatores importantes na instrumentação biomédica

- Faixa de operação;
- Sensibilidade;
- Resolução;
- Linearidade;
- Histerese;
- Resposta em frequência;
- Acurácia;
- Razão sinal-ruído
- Estabilidade

# Faixa de operação

- É a faixa em níveis de amplitude e frequência de entrada do instrumento na qual ele mantém-se operacional.
- Esta faixa é determinada pela sensibilidade dos sensores e/ou faixa de saturação dos transdutores.



# Sensibilidade

- A sensibilidade de um instrumento determina o quão pequeno a variação do parâmetro medido pode ser detectada.
- A sensibilidade de um transdutor é determinado pelas características dos sensores e da eletrônica de controle. No caso de medidas biomédicas, sempre existe um equilíbrio entre máxima sensibilidade *versus* mínimo ruído eletrônico.
- Por exemplo, um sensor strain gage tem sensibilidade para medir pressões muito menores que a pressão sanguínea arterial mínima (10 mm Hg);

# Sensibilidade ( $\phi$ )

$\phi$  = *variação do sinal de saída/voltagem de excitação/estimulo aplicado*

$$\phi = \Delta V/V/U.$$

$\phi$  Por exemplo, para um transdutor de força, temos

*Ex2: Qual a voltagem de saída em um transdutor com sensibilidade de  $10\mu V/V/g$ , quando submetido a um força de 15 g e com um potencial de excitação de 5V dc?*

$$V_o = \phi \times V \times F = 10 \times 5 \times 15 = 0.00075 \text{ V}$$

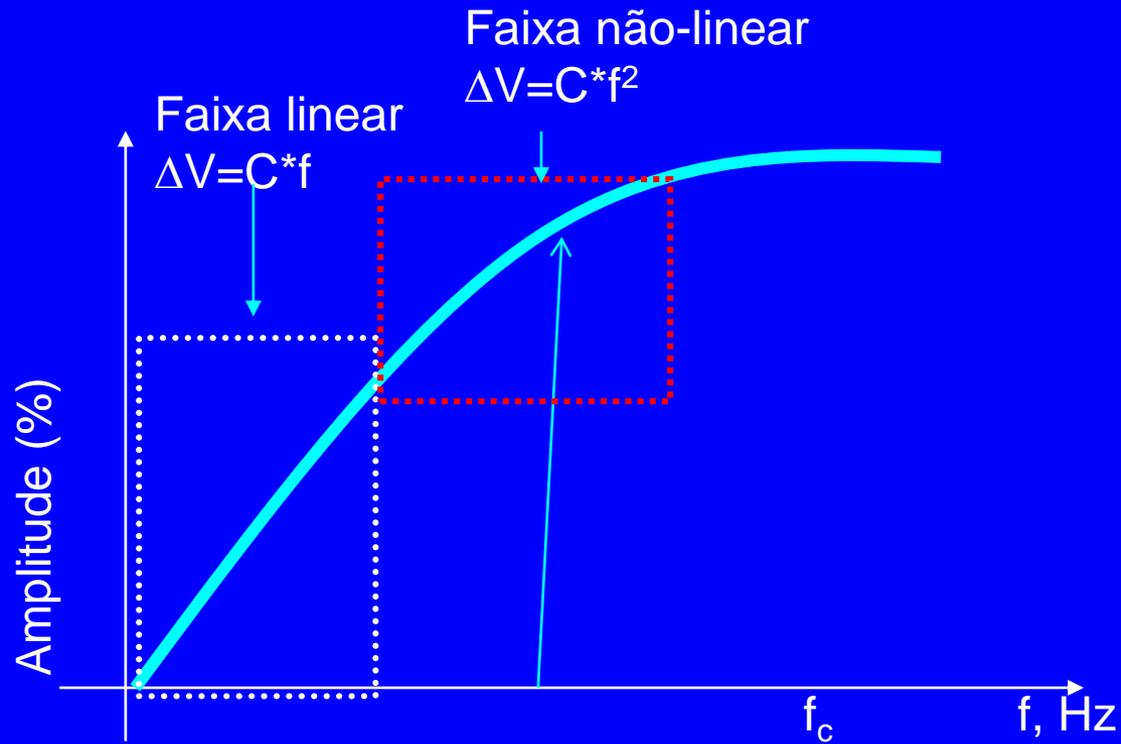
# Resolução

- Resolução é a menor divisão marcada na escala de um instrumento, isto é, resolução é o menor incremento que se pode assegurar numa leitura feita.
- A resolução de um instrumento de medida pode ser determinado pelo valor da incerteza tipo A (incerteza experimentais) nas medidas.
  - *a)* Para dispositivo mostrador digital, a resolução é a variação na indicação quando o dígito menos significativo varia de uma unidade.
  - *b)* Nos sistemas de medição com dispositivo mostrador analógico, a resolução é função das limitações do executor da leitura, da qualidade do indicador e da própria necessidade de leituras mais ou menos criteriosas.

# Linearidade

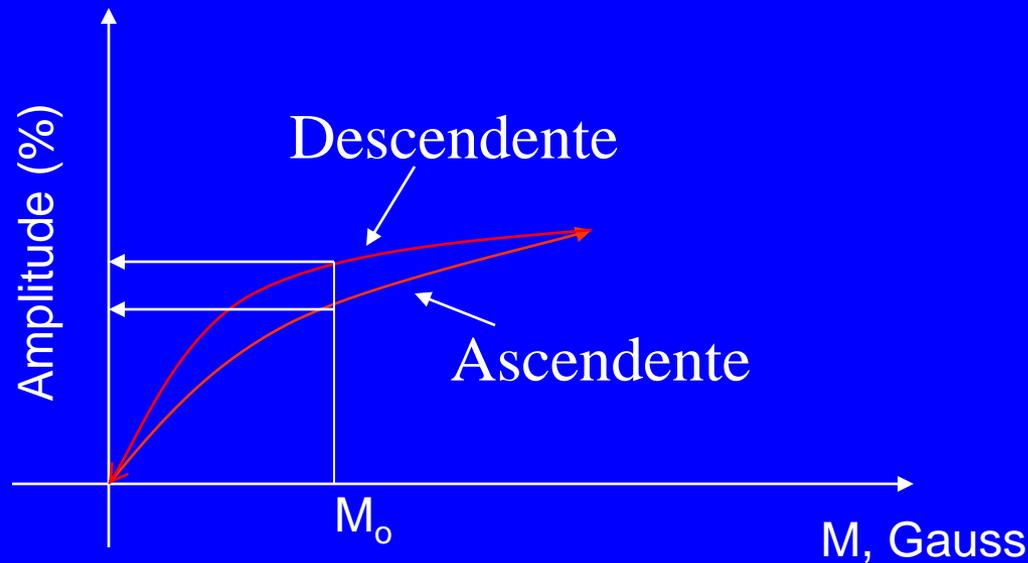
- A linearidade de um instrumento é caracterizado pelo grau de variação na razão entre a sua saída com relação a sua entrada. Este fator deve ser aproximadamente o mesmo para toda a faixa de operação do instrumento. Em alguns instrumentos correções de não linearidade é imposta para garantir esta especificação em uma maior faixa de trabalho.

# Linearidade



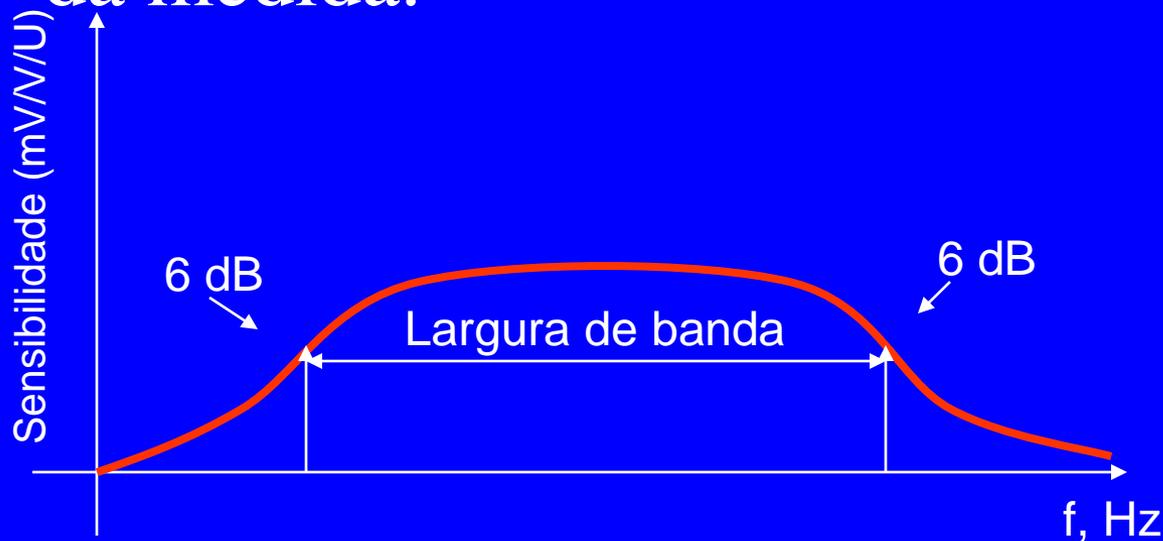
# Histerese

- É a variação da amplitude na saída do instrumento entre a rampa ascendente e descendente de medida.



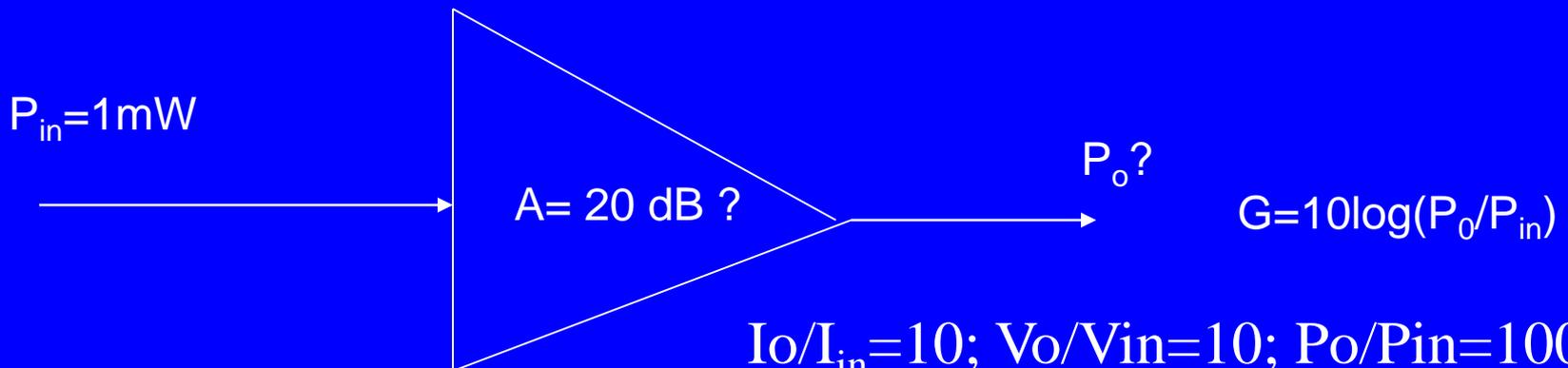
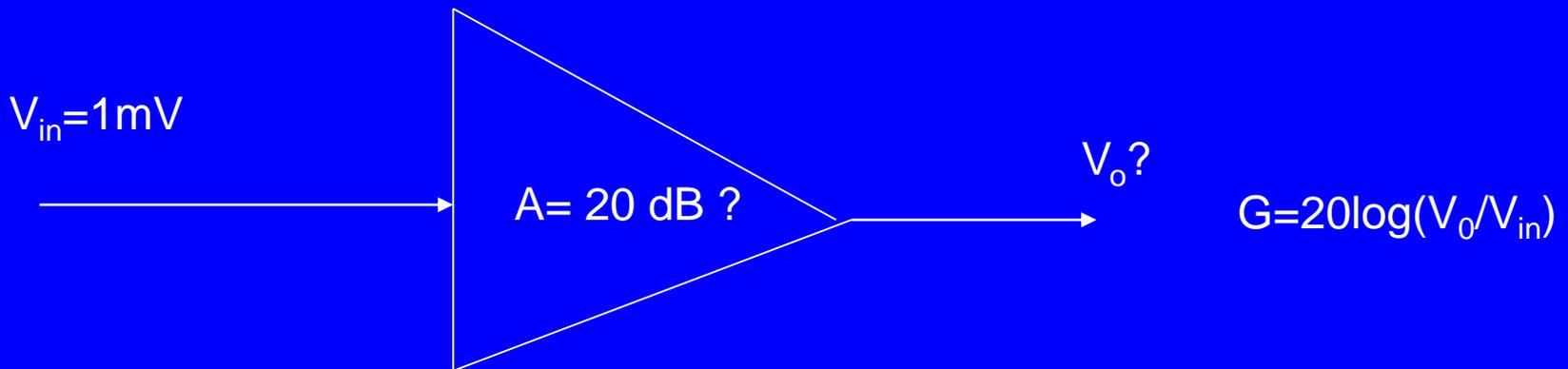
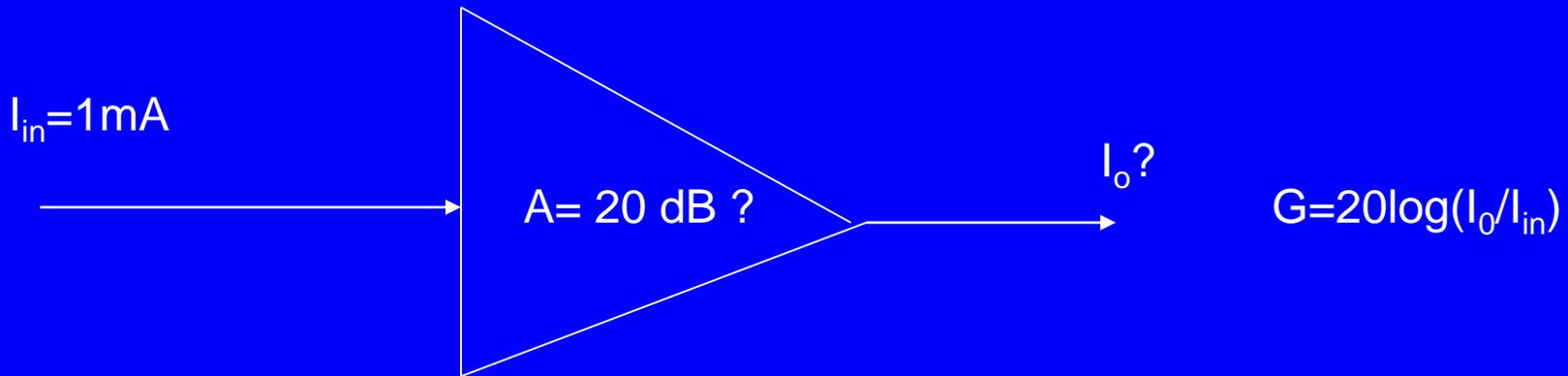
# Resposta em frequência

- É a variação na sensibilidade do instrumento sobre uma faixa de frequência da medida.



Amplitude:  
 $6 \text{ dB} = -20 \log(0.5)$   
ou  
Intensidade:  
 $3 \text{ dB} = -10 \log(0.5)$

# Ganho de 20 dB



$$I_o/I_{in}=10; V_o/V_{in}=10; P_o/P_{in}=100;$$

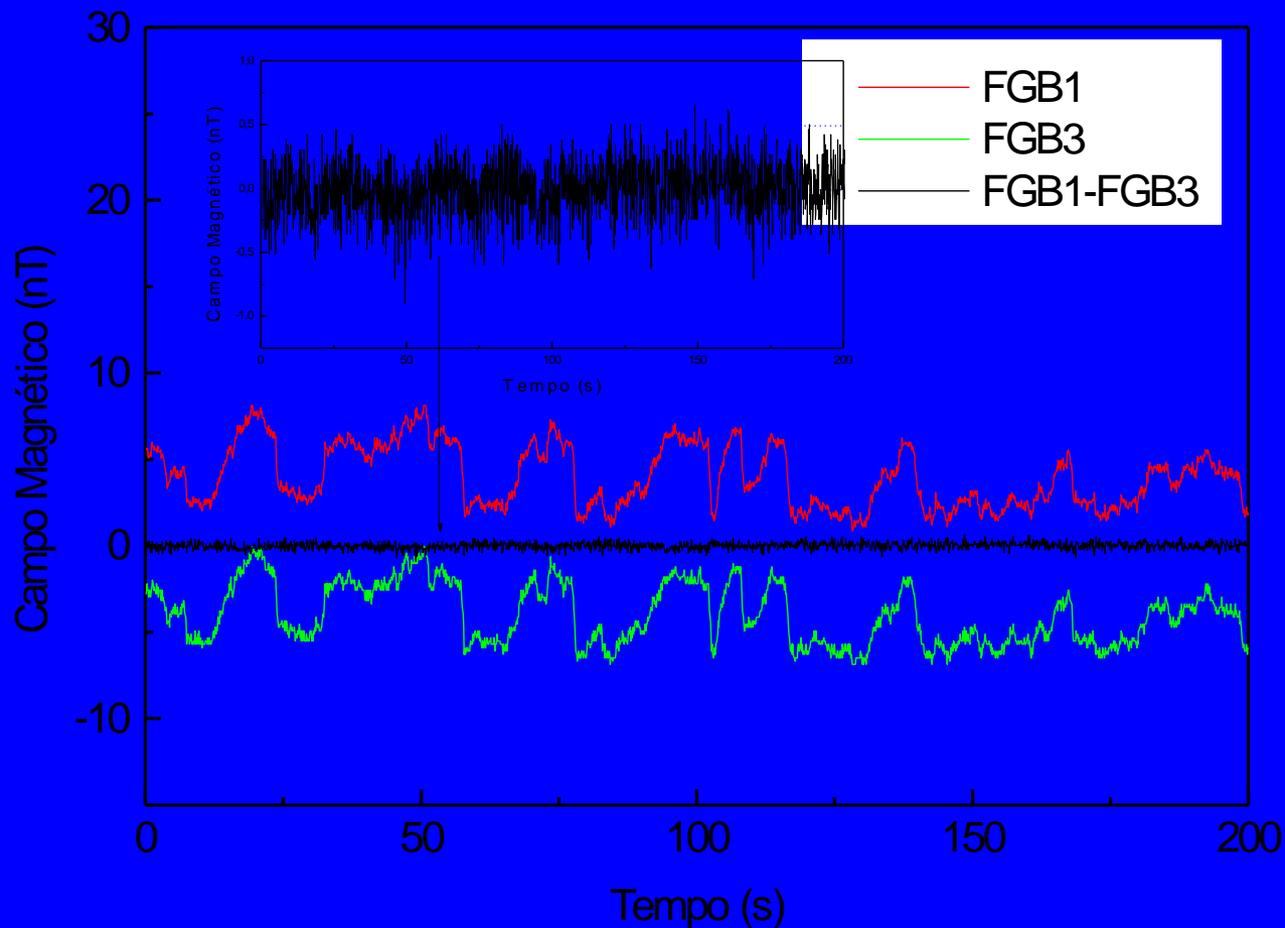
# Acurácia

- Está relacionada com a minimização dos erros envolvidos na medida:
  - Tolerância dos componentes eletrônicos;
  - Erros de natureza mecânica;
  - Erros devido a variação térmica;
  - Erros devido às interferências ambientais (iluminação, ruído eletromagnético, etc)

# Razão sinal-ruído (SNR)

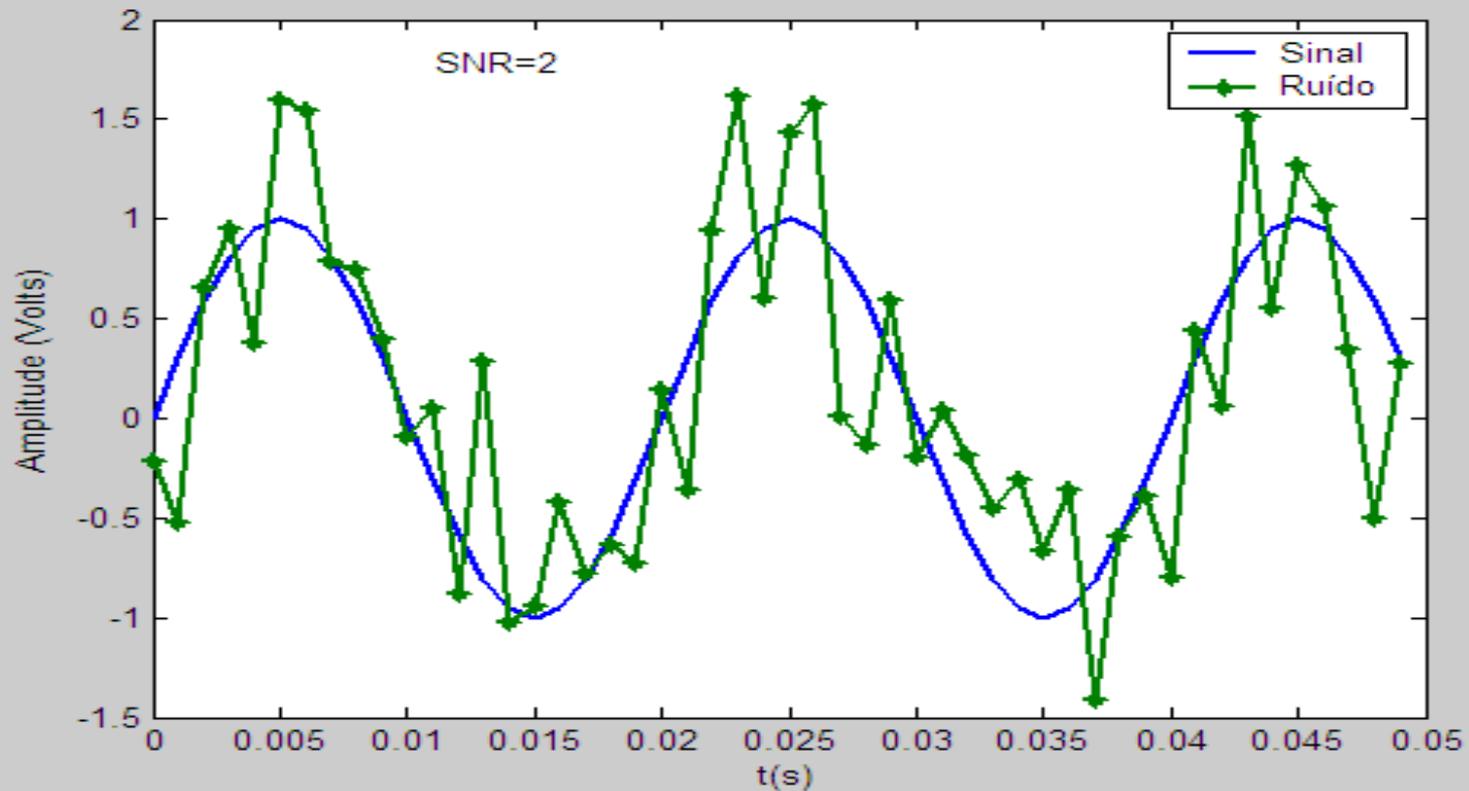
- O SNR representa a razão entre a amplitude do sinal na presença da amostra pela amplitude do sinal quando na ausência da amostra;
- Quanto maior esta razão mais acurado é o resultado da medida. Os ruídos eletromagnéticos e eletrostáticos são os principais responsáveis pelas redução deste fator.

# Razão sinal-ruído (SNR)



SNR~10

# Razão sinal-ruído (SNR)



# Estabilidade

- É a capacidade de o instrumento manter o valor de saída estável ( constante) dentro de sua faixa de acurácia. Esta especificação é afetada principalmente por variações térmicas nos circuitos eletrônicos ou movimento do objeto de medida.

# Impedância do equipamento Biomédico

- **De entrada:** Esta relacionado com a quantidade de energia que desejamos medir. Na maioria dos equipamentos, a impedância de entrada é bastante alta para evitar danos ao equipamento.
- **De saída:** mínima possível para que a energia flua facilmente para o instrumento de medida

# Amostragem dos dados

- Qualitativa:
  - Nominais: Não tem uma ordem inerente de apresentação: Ex: cores;
  - Ordinais: Tem uma ordem de apresentação. Ex: grau de apresentação I, II, III, IV,...
- Quantitativa:
  - Intervalo: Medidas que envolve uma escala com intervalos definidos e com zero definido. Ex. Escala Celsius
  - Taxa: Medidas que envolve uma escala com intervalos definidos mas com um zero absoluto. Ex: Escala Kelvin.

# Avanços nos Equipamentos Biomédicos

## Passado

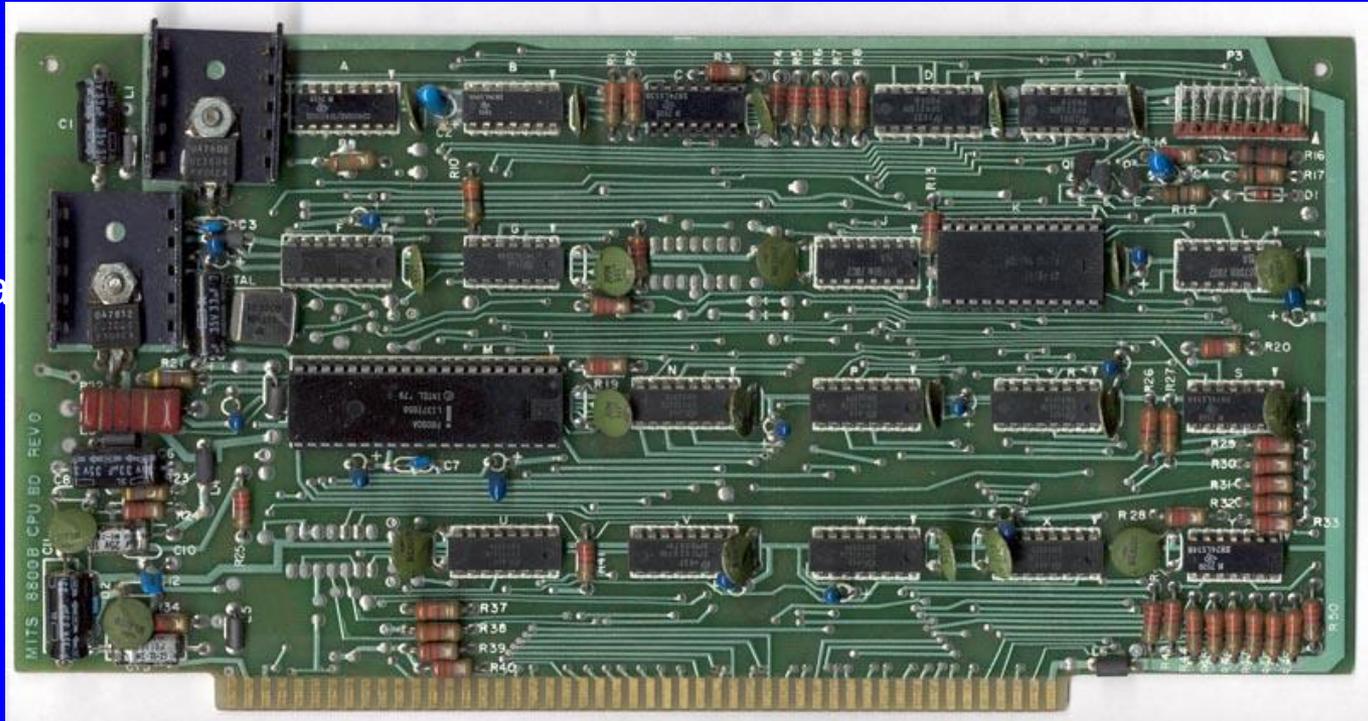
- Circuitos analógicos;
- Processamento por hardware
- Maior interação do profissional de saúde nas medidas

## Futuro

- Circuitos Digitais;
- Processamento por software  
(Microprocessado)
- Mínima interação do profissional de saúde nas medidas.

# Avanços nos Equipamentos Biomédicos

CPU antiga



CPU atual



# Projetando e construindo o transdutor

- Finalidade da aplicação;
- Características da medida (oscilatória, Nível DC, Faixa da medição, etc);
- Se a medida for oscilatória: Vai medir a fase, a amplitude, faixa de frequência do sinal, etc)
- Escolha do dispositivo físico (sensor) que irá traduzir a informação;

# Projetando e construindo o transdutor

- Modelo da montagem do transdutor (depende da sensibilidade e estabilidade exigida)
- Considerando que seja uma configuração de ponte de wheatstone, identificar o ganho do sinal para uma amplificação unitária;
- Identificar o range de amplitude da fonte a ser medida. Ex: temperatura do corpo humano:  $32 - 42 \text{ }^{\circ}\text{C}$  .

# Projetando e construindo o transdutor

- Qual os componentes do amplificador;
- Que tipo de filtro;
- Qual o ganho a ser projetado no amplificador;
- Qual a impedância de entrada e de saída;

# Caracterizando o Amplificador

- Medida de estabilidade;
- Medida de reprodutibilidade;
- Medida de sensibilidade (Calibração);
- Medida da precisão;
- Medida de histerese;
- Resposta dinâmica (faixa de frequência);