


# SCC261 - Multimídia

## Aula 4 – Áudio


**Prof.: Dr. Rudinei Goularte**  
 (rudinei@icmc.usp.br)  
 Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação - ICMC  
 Sala 4-234




# Sumário

- 1 – Características do Som
- 2 – Digitalização
- 3 – Compressão de Áudio

2




# 1. Características do Som



# 1.1 - O quê é som?

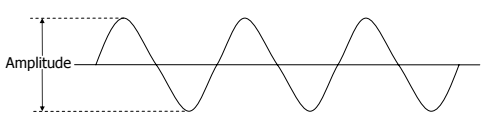
- Som é um fenômeno físico.
- Onda mecânica.

4




# 1.2 - Características físicas do som

- Amplitude



- Amplitude = Intensidade
  - Está relacionada ao volume do som. Quanto maior a amplitude, mais alto ouvimos o som.

5



# 1.2 - Características físicas do som

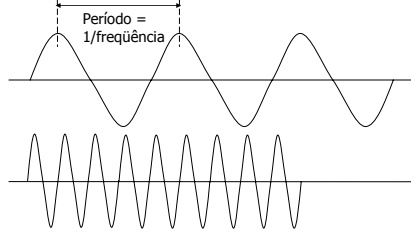
- Amplitude = Intensidade
  - Medida em decibéis (dB).

Intensidade	Exemplos típicos
0dB	Limite da audição
25dB	Estúdio de gravação
50dB	Escritório
70dB	Conversação típica
90dB	Home audio
120dB	Limiar da dor
140dB	Show de rock

6

## 1.2 - Características físicas do som

### Frequência



- Frequência determina altura do som (altura  $\neq$  volume).  
Frequências altas = altura maior = sons agudos.  
Frequências baixas = altura menor = sons graves.

7

## 1.2 - Características físicas do som

Categoria	Intervalo de Frequência
Infra-som	0 - 20 Hz
Som Audível	20 Hz - 20 KHz
Ultra-som	20 KHz - 1GHz
Hipersom	1 GHz - 10 GHz

8

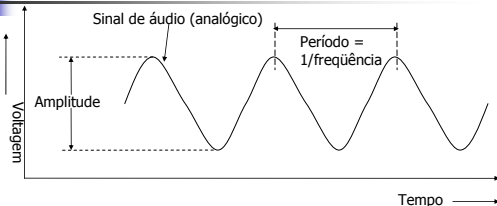
## 2. Digitalização de áudio

## 2.1 - Princípios de Digitalização

- Duas transformações:
  - Eletrônica: conversão de ondas mecânicas em sinais elétricos.
  - Digital: conversão de sinais elétricos em bits.
- Transformação eletrônica
  - Sinal de áudio.
  - Analógico.

10

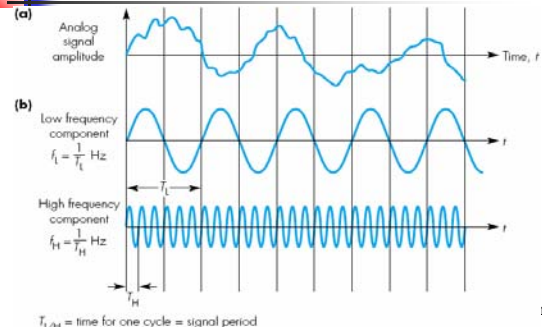
## 2.1 - Princípios de Digitalização



- Frequência: taxa com que o sinal varia entre valores positivos e negativos. É medida em Hertz (Hz).
- Amplitude: diferença entre os máximos valores positivos e negativos do sinal de áudio. Pode ser expressa observando-se a voltagem (dependente do sistema). Normalmente expressa em decibéis (dB).

11

## 2.1 - Princípios de Digitalização



12

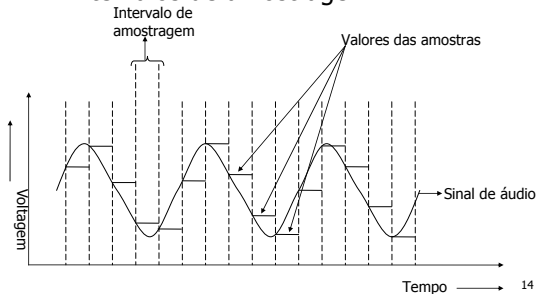
## 2.1 - Princípios de Digitalização

- Conversão analógico-digital.
  - Voltagem e tempo.
- Amostragem: realiza uma leituras periódicas e instantâneas da voltagem em espaços de tempo uniformes.
- Quantização: converte os valores analógicos amostrados em valores digitais.

13

## 2.2 - Amostragem

- Intervalos de amostragem.



14

## 2.2 - Amostragem

- O quanto deve ser amostrado?
  - Reconstruir exatamente o sinal = infinitas amostras.
  - Poucas amostras = sinal distorcido.

15

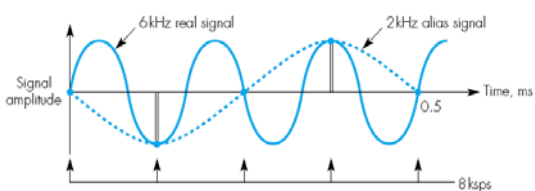
## 2.2 - Amostragem

- O quanto deve ser amostrado?
  - Teorema de Nyquist: "Para obter uma representação precisa de um sinal analógico, sua amplitude deve ser amostrada a uma **taxa** mínima igual ou superior ao dobro da componente de mais alta frequência presente no sinal". (taxa de Nyquist).

16

## 2.2 - Amostragem

- Aliasing.



17

## 2.2 - Amostragem

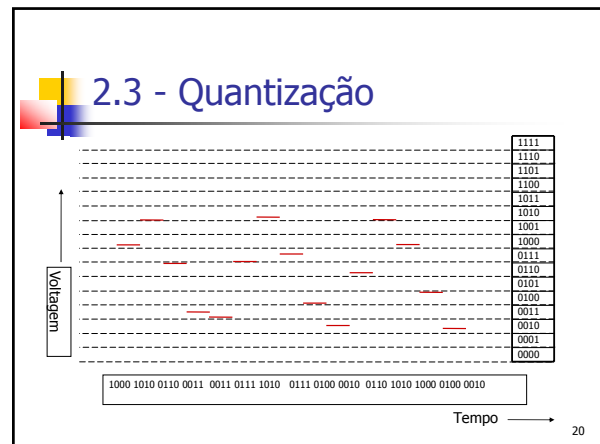
- Filtros anti-aliasing.
  - Removem componentes de alta frequência.
- Em sistemas multimídia:
  - A largura de banda do canal é normalmente menor que a largura de banda do sinal.
    - A taxa de amostragem é determinada pelo largura de banda do canal.
    - A taxa de Nyquist será baseada na frequência mais alta suportada pelo canal.

18

## 2.3 - Quantização

- Processo pelo qual os valores analógicos das amostras tomadas da amplitude do sinal são convertidos em valores digitais.
- Para reconstruir exatamente o sinal:
  - Necessidade de um número infinito de bits.
  - Usando um número finito de bits:
    - Representa-se cada amostra através de um número correspondente de níveis discretos.

19



## 2.3 - Quantização

- Amostragem e Quantização
  - Número de amostras x número de níveis.
    - Compromisso.
  - Quantização resulta em distorções.
  - Como descobrir o número ótimo de bits por amostra?

21

## 2.4 - Digitalização

- Taxas comuns de amostragem:
  - 8.000Hz, 11.025Hz, 22.050Hz e 44.100Hz (CD).
- Quantidades comuns de bits por amostra:
  - 4, 8, 16 e 24.
- Canais de som:
  - 1 (mono), 2 (stereo), 3, 5, 7, ...
- Qualidade de CD:
  - Amostras a 44.100Hz (4,1 KHz), 16 bits por amostra e 2 canais de som (estéreo).

22

## 2.4 - Digitalização

- Circuito que realiza amostragem e quantização:
  - Conversor analógico-digital (*analog to digital converter* – ADC).
  - Caminho inverso: DAC. Usado na reprodução de áudio digital.
- Normalmente implementado em hardware.

23

## 2.4 - Digitalização

- Após a captura
  - os dados amostrados e quantizados devem ser “guardados” em algum formato – mídia de representação.
  - WAV e MP3, por exemplo.

24

## 2.5 - Digitalização

- Aspectos quantitativos.
  - Quantos bytes serão necessários para armazenar 1 segundo de áudio, capturado com qualidade de CD?

25

## 2.5 - Digitalização

- Aspectos quantitativos.
  - Quantos bytes serão necessários para armazenar 1 segundo de áudio, capturado com qualidade de CD?
  - $1(\text{segundo}) * 44.100 (\text{taxa de amostragem}) * 2 (16 \text{ bits por amostra}) * 2 (\text{som estéreo}) = 176.400 \text{ bytes.}$
  - Necessidade para transmissão: 1,41Mbps!

26

## 3. Compressão de Áudio

## 3.1 - PCM

- Pulse Code Modulation
  - Processo de digitalização de áudio.
  - Inclui um compressor.
  - Recomendação ITU-T G.711.

27

## 3.1 - PCM

- Explora quantização não-linear.
  - Amplitudes maiores = maiores intervalos de quantização.
  - Amplitudes menores implicam em maior percepção de ruído de amostragem.
- Desempenho:
  - Utilizando 8 bits equivale à quantização linear com 12 bits.

29

## 3.1 - PCM

- PCM A-Law e  $\mu$ -Law.
  - Usados em telefonia.
    - Largura de banda do sinal de voz: 200Hz a 3.4kHz.
  - Taxa limite do filtro:
    - 8KHz.
    - Imprefeições.
  - $\mu$ -Law = EUA e Japão, 7 bits.
  - A-Law = Europa e outros, 8 bits.

30

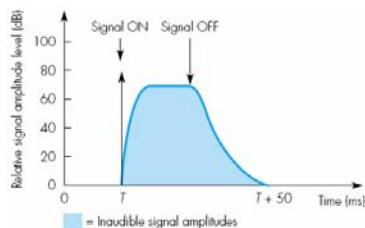
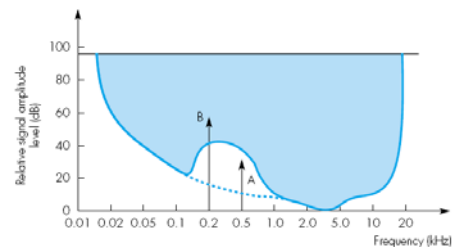
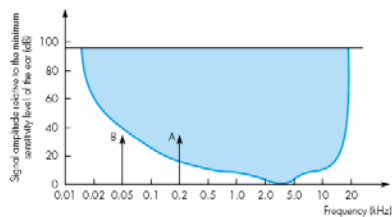
## 3.2 – Codificadores para voz

- Adaptive Differential PCM (ADPCM).
  - ITU-T G.721, G.722, G.726
- Codificação Linear preditiva (LPC)
  - Modelo simplificado do trato vocal
- Modelo Estendido
  - CELP
  - ITU-T G.728, G.729, G.729(A)

31

## 3.3 – Perceptual Coding

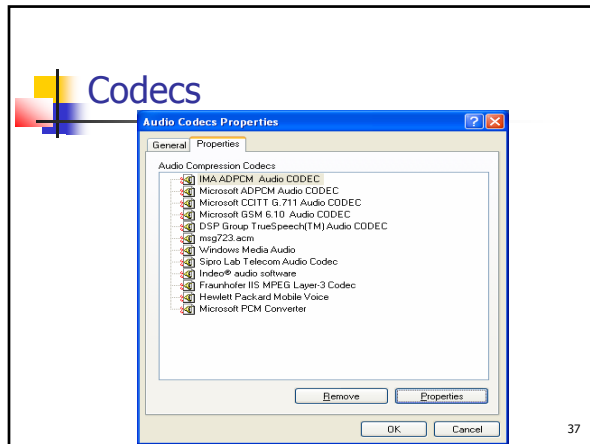
- Modelo psico-acústico
  - Sensibilidade do ouvido.
  - Mascaramento de frequência.
  - Mascaramento temporal.



## 3.3 - MP3

- MPEG-1 Audio Layer 3.
  - Utiliza um modelo psico-acústico complexo.
  - Elimina as frequências que o ouvido humano não consegue captar.
    - Audição humana: 20Hz a 20KHz; 2 a 4KHz.
  - Compressão com perda.
    - As perdas não são perceptíveis.
    - DFT.
  - Som de alta qualidade e a arquivos até 12 vezes menores.

36



## Para Saber Mais

- **Áudio digital:**
  - Mandal, M. K.; Multimedia Signals and Systems. Kluwer Academic Publishers, 2003. Capítulo 2, seção 2.1.
  - Halsall, F.; Multimedia Communications: Applications, Networks, Protocols, and Standards, Addison-Wesley Publishing, 2001. ISBN: 0201398184. Capítulo 2, seções 2.1, 2.2 e 2.5; Capítulo 4, seção 4.2.

38