

# Conversão Analógica - Digital

José Humberto de Araújo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>DFTE-UFRN

12 de julho de 2022



## 1 Introdução

- Etapas

## 2 Amostragem

## 3 Teorema da Amostragem

- Amostragem e Retenção
- Quantização

- Para se armazenar um sinal, ele deve estar na forma digital.

- Para se armazenar um sinal, ele deve estar na forma digital.
- Os sinais digitais sofrem menos com o ruído do canal de transmissão.

- Para se armazenar um sinal, ele deve estar na forma digital.
- Os sinais digitais sofrem menos com o ruído do canal de transmissão.
- Todos os sistemas tendem a ser digitais

- Para se armazenar um sinal, ele deve estar na forma digital.
- Os sinais digitais sofrem menos com o ruído do canal de transmissão.
- Todos os sistemas tendem a ser digitais
- O Sistema Brasileiro de Televisão está quase totalmente na forma digital.

- Amostragem: Etapa em que o sinal analógico será retido em um valor fixo por um período de tempo.

- Amostragem: Etapa em que o sinal analógico será retido em um valor fixo por um período de tempo.
- Quantização: Os pulsos do sinal serão arredondados para níveis de quantização.



- Amostragem: Etapa em que o sinal analógico será retido em um valor fixo por um período de tempo.
- Quantização: Os pulsos do sinal serão arredondados para níveis de quantização.
- Codificação: Cada nível receberá um código binário.

- Amostrar um sinal significa coletar amostras em um período de tempo.

- Amostrar um sinal significa coletar amostras em um período de tempo.
- A periodicidade com que essas amostras são colhidas é denominada período de amostragem. E esta periodicidade influenciará na posterior recuperação do sinal amostrado.

# Teorema da Amostragem (Nyquist)

- A frequência de amostragem deve ser maior ou igual a duas vezes a maior frequência do sinal.

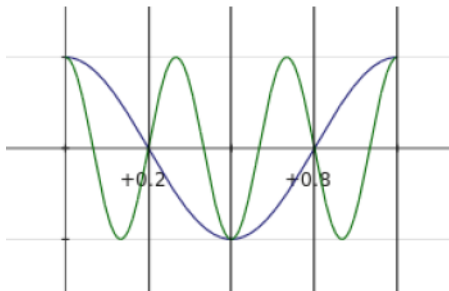
## Teorema da Amostragem (Nyquist)

- A frequência de amostragem deve ser maior ou igual a duas vezes a maior frequência do sinal.
- Quando esse teorema não é respeitado ocorre o efeito de aliasing (sobreposição de amostras), o que torna impossível a recuperação do sinal original

$$f_a \geq 2f_M \quad (1)$$

- Se os sinais abaixo forem amostrados a 4 Hz, teremos os mesmos valores para as amostras, este erro ocorre devido ao fato da amostragem não ter sido feita de acordo com o teorema de Nyquist

- Se os sinais abaixo forem amostrados a 4 Hz, teremos os mesmos valores para as amostras, este erro ocorre devido ao fato da amostragem não ter sido feita de acordo com o teorema de Nyquist
- Graficamente,



**Figura 1:** Amostragem e o teorema de Nyquist

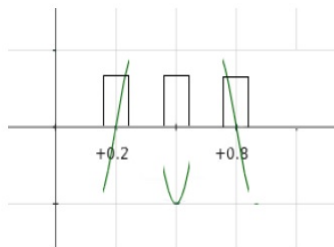
- A amostragem prática pode ser realizada de 2 formas:



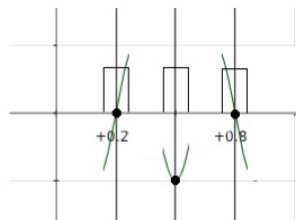
- A amostragem prática pode ser realizada de 2 formas:
- Amostragem Natural

- A amostragem prática pode ser realizada de 2 formas:
- Amostragem Natural
- Amostragem Instantânea

- A amostragem prática pode ser realizada de 2 formas:
- Amostragem Natural
- Amostragem Instantânea
- Representação gráfica,



Amostragem Natural

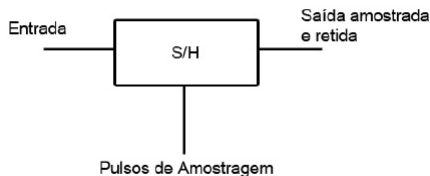


Amostragem instantânea

**Figura 2:** Tipos de amostragem

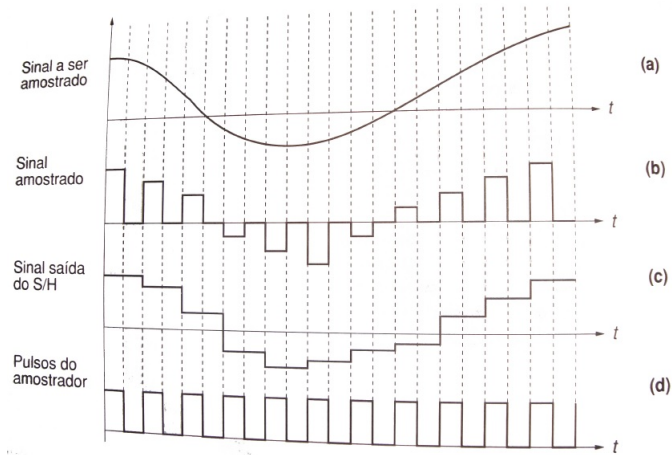
- Na prática além de amostrar o sinal é necessário retê-lo por um instante, este processo é chamado de Sample & Hold (Amostragem e Retenção)

- Na prática além de amostrar o sinal é necessário retê-lo por um instante, este processo é chamado de Sample & Hold (Amostragem e Retenção)
- Diagrama,



**Figura 3:** Amostragem e retenção

**Figura 4:** Exemplo de amostragem e retenção



- O objetivo da quantização é tornar uma grandeza infinita (sinal analógico original) em uma grandeza finita

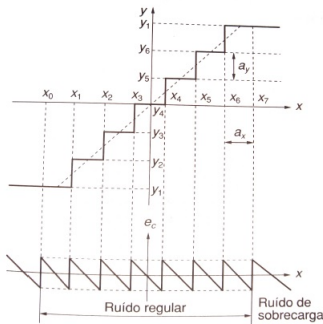
- O objetivo da quantização é tornar uma grandeza infinita (sinal analógico original) em uma grandeza finita
- As amostras coletadas pelo Amostrador precisam ser niveladas a quantidades pré-determinadas



- A amplitude do sinal é dividido em regiões igualmente espaçados como mostrado abaixo.

# Quantização Uniforme

- A amplitude do sinal é dividida em regiões igualmente espaçadas como mostrado abaixo.
- Figura,



**Figura 5:** Exemplo de quantização uniforme

- Este processo de quantização é o que é largamente utilizado

- Este processo de quantização é o que é largamente utilizado
- Tem como vantagem a facilidade de Implementação

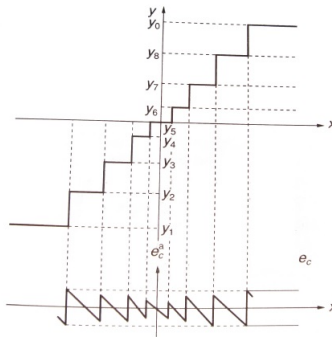
- Este processo de quantização é o que é largamente utilizado
- Tem como vantagem a facilidade de Implementação
- A desvantagem é que não representa bem sinais como um eletrocardiograma.

- Divide a amplitude do sinal em regiões que não são igualmente espaçadas.

# Quantização Não Uniforme

- Divide a amplitude do sinal em regiões que não são igualmente espaçadas.
- Figura,

**Figura 6:** Exemplo de quantização não uniforme



- Com esta quantização é possível representar melhor sinais particulares.



- Com esta quantização é possível representar melhor sinais particulares.
- Essa quantização é utilizada para representar a voz, uma vez que é maior o número de amostras com baixa amplitude, o que seria mais coerente colocar mais níveis de quantização nesta região e menos níveis em amplitude mais elevada.

- Uma vez que o sinal original é arredondado para um nível de quantização, é acrescentado um erro. Este erro é chamado de Erro de Quantização.

- Uma vez que o sinal original é arredondado para um nível de quantização, é acrescentado um erro. Este erro é chamado de Erro de Quantização.
- Quanto maior o número de níveis e menor a distância entre eles, menor será o erro de quantização

- Este é o último processo da conversão de analógico para digital

- Este é o último processo da conversão de analógico para digital
- Neste processo cada nível da quantização é convertido em um código binário

- Este é o último processo da conversão de analógico para digital
- Neste processo cada nível da quantização é convertido em um código binário
- Exemplo, número de pontos =  $2^n$ .

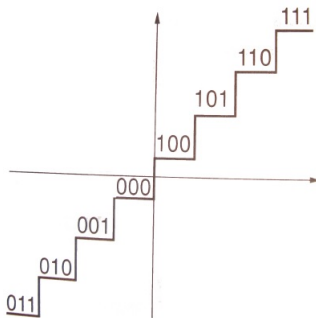
Degrau de quantização	Código binário	Código X
0	000	110
1	001	111
2	010	001
3	011	100
4	100	010
5	101	000
6	110	101
7	111	011

Codificação em 3 bits

**Figura 7:** Exemplo de codificação

- Uma vez que o sinal tenha sido codificado, estaremos com o sinal digital, concluindo assim o processo de conversão analógico para digital.

- Uma vez que o sinal tenha sido codificado, estaremos com o sinal digital, concluindo assim o processo de conversão analógico para digital.
- Graficamente,



**Figura 8:** Exemplo