

# **CAPÍTULO 7**

## ***SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO***

## 7. SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

### 7.1 PRINCÍPIOS

- Técnica de Monte Carlo é a base para a simulação de sistemas que são excitados com sinais de entrada modelados como processos aleatórios.
- Definição:



**Entradas:**  
**Processo Aleatórios**

**Objetivo:** **Encontrar as propriedades estatísticas da saída.**

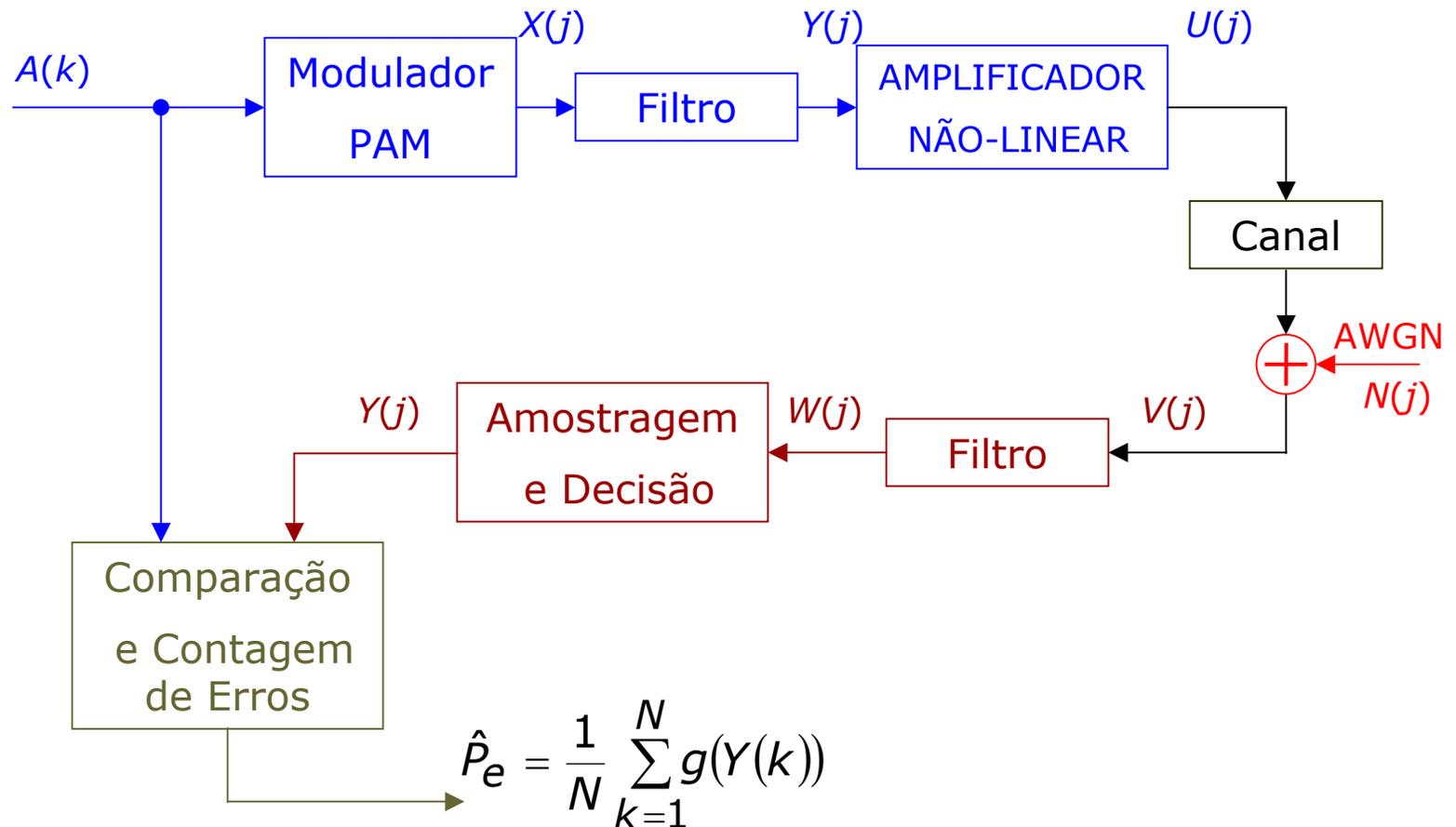
## Simulação de Monte Carlo Pura:

- solução do problema anterior através da emulação do sistema incluindo a evolução temporal de todas as formas de onda.
- geração de valores amostrados de todos os processos de entrada, deixando todos os blocos do sistema de comunicações operar sobre eles e observando sua saída.

O valor esperado  $E[g(Y(t))]$  é estimado de acordo com:

$$E[g(\hat{Y}(t))] = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N g(Y(i))$$

Exemplo: Estimação da Probabilidade de erro de bit de um sistema de comunicação.



## Passos:

1. Gerar  $N$  amostras de  $A(k)$  e  $mN$  amostras do ruído  $N(k)$  (taxa de amostragem de  $m$  amostras por bit).
2. Processar estas amostras pelos blocos funcionais do modelo e gerar a saída  $Y(k)$ .
3. Estimar  $E[g(Y(k))]$  como:

$$\hat{P}_e = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N g(Y(k))$$

onde

$$g(Y(k)) = \begin{cases} 1 & Y(k) \neq A(k) \\ 0 & Y(k) = A(k) \end{cases}$$

Precisão da estimativa da probabilidade de erro dependerá:

- Procedimento de estimação.
- Número de amostras.
- Precisão na geração das amostras de entrada do sistema.
- Assunções e aproximações do modelo.

Em geral, a precisão será proporcional a  $1/\sqrt{N}$

O que implica em um número muito grande de amostras para garantir uma boa precisão na estimativa!

## Variações da Simulação de Monte Carlo:

Simulação de Monte Carlo Pura  $\Rightarrow$  todos os processos aleatórios de entrada são emulados.

Simulação de Monte Carlo  $\Rightarrow$  pelo menos um processo aleatório é emulado.

Simulações de Monte Carlo onde somente alguns processos de entrada são simulados de fato e outros são manipulados de forma analítica são chamados de *simulações quasi-analíticas*.