

---

# ARQUITETURA E ENGENHARIA CIVIL contemporânea: inovação, tecnologia e sustentabilidade

---

**Adriano Mesquita Soares**  
(Organizador)

## **Direção Editorial**

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

## **Organizador**

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

## **Capa**

AYA Editora

## **Revisão**

Os Autores

## **Executiva de Negócios**

Ana Lucia Ribeiro Soares

## **Produção Editorial**

AYA Editora

## **Imagens de Capa**

br.freepik.com

## **Área do Conhecimento**

Engenharia

# **Conselho Editorial**

Prof.º Dr. Aknaton Toczek Souza

*Centro Universitário Santa Amélia*

Prof.ª Dr.ª Andréa Haddad Barbosa

*Universidade Estadual de Londrina*

Prof.ª Dr.ª Andreia Antunes da Luz

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Dr. Argemiro Midonês Bastos

*Instituto Federal do Amapá*

Prof.º Dr. Carlos López Noriega

*Universidade São Judas Tadeu e Lab. Biomecatrônica - Poli - USP*

Prof.º Me. Clécio Danilo Dias da Silva

*Centro Universitário FACEX*

Prof.ª Dr.ª Daiane Maria De Genaro Chirolí

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Danyelle Andrade Mota

*Universidade Federal de Sergipe*

Prof.ª Dr.ª Déborah Aparecida Souza dos Reis

*Universidade do Estado de Minas Gerais*

Prof.ª Ma. Denise Pereira

*Faculdade Sudoeste – FASU*

Prof.ª Dr.ª Eliana Leal Ferreira Hellvig

*Universidade Federal do Paraná*

Prof.º Dr. Emerson Monteiro dos Santos

*Universidade Federal do Amapá*

Prof.º Dr. Fabio José Antonio da Silva

*Universidade Estadual de Londrina*

Prof.º Dr. Gilberto Zammar

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Helenadja Santos Mota

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, IF Baiano - Campus Valença*

Prof.ª Dr.ª Heloísa Thaís Rodrigues de Souza

*Universidade Federal de Sergipe*

Prof.ª Dr.ª Ingridi Vargas Bortolaso

*Universidade de Santa Cruz do Sul*

Prof.ª Ma. Jaqueline Fonseca Rodrigues

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Dr. João Luiz Kovaleski

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.º Me. Jorge Soistak

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Dr. José Enildo Elias Bezerra

*Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Ubajara*

Prof.º Me. José Henrique de Goes

*Centro Universitário Santa Amélia*

Prof.ª Dr.ª Karen Fernanda Bortoloti

*Universidade Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Leozenir Mendes Betim

*Faculdade Sagrada Família e Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais*

Prof.ª Ma. Lucimara Glap

*Faculdade Santana*

Prof.º Dr. Luiz Flávio Arreguy Maia-Filho

*Universidade Federal Rural de Pernambuco*

Prof.º Me. Luiz Henrique Domingues

*Universidade Norte do Paraná*

Prof.º Me. Milson dos Santos Barbosa

*Instituto de Tecnologia e Pesquisa, ITP*

Prof.º Me. Myller Augusto Santos Gomes

*Universidade Estadual do Centro-Oeste*

Prof.ª Dr.ª Pauline Balabuch

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Me. Pedro Fauth Manhães Miranda

*Centro Universitário Santa Amélia*

Prof.º Dr. Rafael da Silva Fernandes

*Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus  
Parauapebas*

Prof.ª Dr.ª Regina Negri Pagani

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.º Dr. Ricardo dos Santos Pereira

*Instituto Federal do Acre*

Prof.ª Ma. Rosângela de França Bail

*Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais*

Prof.º Dr. Rudy de Barros Ahrens

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

*Universidade Federal do Piauí*

Prof.ª Ma. Silvia Aparecida Medeiros

Rodrigues

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.ª Dr.ª Silvia Gaia

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Sueli de Fátima de Oliveira Miranda

Santos

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Thaisa Rodrigues

*Instituto Federal de Santa Catarina*

Prof.º Dr. Valdoir Pedro Wathier

*Fundo Nacional de Desenvolvimento Educacional,  
FNDE*

© 2021 - **AYA Editora** - O conteúdo deste Livro foi enviado pelos autores para publicação de acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição Creative Commons 4.0 Internacional (**CC BY 4.0**). As ilustrações e demais informações contidas desta obra são integralmente de responsabilidade de seus autores.

---

A772 Arquitetura e engenharia civil contemporânea inovação, tecnologia e sustentabilidade [recurso eletrônico]. / Adriano Mesquita Soares (organizador) -- Ponta Grossa: Aya, 2021. 223 p. – ISBN 978-65-88580-77-6

Inclui biografia  
Inclui índice  
Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.  
Modo de acesso: World Wide Web.  
DOI 10.47573/aya.88580.2.48

1. Engenharia civil. 2. Materiais de construção. 3. Concreto. 4. Geração de energia fotovoltaica. 5. Sistemas de energia fotovoltaica. 6. Engenharia elétrica. 7. Energia solar. 8. Acidentes – Prevenção. 9. Estações meteorológicas. 10. Arquitetura. I. Soares, Adriano Mesquita. II. Título

CDD: 624

---

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Bruna Cristina Bonini - CRB 9/1347

## **International Scientific Journals Publicações de Periódicos e Editora EIRELI**

### **AYA Editora©**

CNPJ: 36.140.631/0001-53  
Fone: +55 42 3086-3131  
E-mail: contato@ayaeditora.com.br  
Site: <https://ayaeditora.com.br>  
Endereço: Rua João Rabello Coutinho, 557  
Ponta Grossa - Paraná - Brasil  
84.071-150

# Análise de sinais e sistemas

---

**Paulo Henrique Castro Costa**

*Universidade CEUMA, Departamento de Educação, São Luís, MA, Brasil.*

**Ricardo Santos Silva**

*Universidade CEUMA, Departamento de Educação, São Luís, MA, Brasil.*

**Vicente Carlos Silva e Silva**

*Universidade CEUMA, Departamento de Educação, São Luís, MA, Brasil.*

**Rodolfo Ricardo Rocha Schiemann**

*Universidade CEUMA, Departamento de Educação, São Luís, MA, Brasil.*

**Jonathan Araújo Queiroz**

*Doutor em Engenharia Elétrica, graduado em Matemática, atua na área de matemática computacional, Professor da Universidade CEUMA*

*Universidade CEUMA, Departamento de Educação, São Luís, MA, Brasil.*

DOI: [10.47573/aya.88580.2.48.14](https://doi.org/10.47573/aya.88580.2.48.14)

# Resumo

Nesta disciplina curso de graduação em engenharia da computação, o processamento desses sinais, sejam analógicos ou digitais, despertará o interesse das pessoas. O tipo de processamento que pode ser executado depende muito do tipo de sinal. Por exemplo, na análise do aquecimento global na Terra, o objetivo é extrair informações dos registros de temperatura média medidos ao longo dos anos para detectar tendências. Dentro desse contexto, o presente artigo busca através da revisão bibliográfica abordar a análise de sinais e sistemas. O método de revisão bibliográfico permite incluir pesquisas experimentais e não experimentais, obtendo a combinação de dados empíricos e teóricos que podem direcionar à definição de conceitos, identificação de lacunas nas áreas de estudos, revisão de teorias e análise metodológica dos estudos sobre um determinado tópico. Este método exige recursos, conhecimentos e habilidades para o seu desenvolvimento.

**Palavras-chave:** análise. sistemas. sinais.

# Abstract

In this subject of the undergraduate computation engineering course, processing these signals, whether analogue or digital, will arouse people's interest. The type of processing that can be performed depends very much on the type of signal. For example, in analyzing global warming on Earth, the aim is to extract information from average temperature records measured over the years to detect trends. Within this context, this article seeks, through a literature review, to approach the analysis of signals and systems. The literature review method allows for the inclusion of experimental and non-experimental research, obtaining a combination of empirical and theoretical data that can lead to the definition of concepts, identification of gaps in the areas of study, review of theories and methodological analysis of studies on a given topic. This method requires resources, knowledge and skills for its development.

**Keywords:** analysis. systems. signals.

## INTRODUÇÃO

Na vida diária, quase sempre encontramos sinais. Os sinais geralmente contêm informações sobre certos fenômenos ou eventos. Quando fazemos uma ligação, o som é um sinal acústico, que é convertido em sinal elétrico pelo microfone. Por exemplo, este sinal elétrico é transmitido por um sistema de satélite e recebido do outro lado da terra, e então convertido de volta para um sinal de voz (ANTHONY; GOVINDARAJAN, 2018).

Quando alguém faz um teste de eletrocardiograma, o resultado mostra que a atividade elétrica do coração é um sinal e, quando analisado, mostra a condição cardíaca do paciente. A taxa de inflação mensal para todo o ano também pode ser usada como um indicador. A energia elétrica alocada ao domicílio é um sinal sinusoidal com certa amplitude e frequência (BALLET; PARRO; ROMANO, 2014).

Nesta e em outras disciplinas do curso de graduação em engenharia da computação, o processamento desses sinais, sejam analógicos ou digitais, despertará o interesse das pessoas. O tipo de processamento que pode ser executado depende muito do tipo de sinal. Por exemplo, na análise do aquecimento global na Terra, o objetivo é extrair informações dos registros de temperatura média medidos ao longo dos anos para detectar tendências (DULLERUD; PAGANINI, 2013).

Dentro desse contexto, o presente artigo busca através da revisão bibliográfica abordar a análise de sinais e sistemas.

O tipo do estudo é uma revisão bibliográfica, pesquisas do tipo tem o objetivo primordial à exposição dos atributos de determinado fenômeno ou afirmação entre suas variáveis (GIL, 2018). Assim, recomenda-se que apresente características do tipo: analisar a atmosfera como fonte direta dos dados e o pesquisador como um instrumento interruptor; não agenciar o uso de artifícios e métodos estatísticos, tendo como apreensão maior a interpretação de fenômenos e a imputação de resultados, o método deve ser o foco principal para a abordagem e não o resultado ou o fruto, a apreciação dos dados deve ser atingida de forma intuitiva e indutivamente através do pesquisador (GIL, 2018).

O método de revisão bibliográfico permite incluir pesquisas experimentais e não experimentais, obtendo a combinação de dados empíricos e teóricos que podem direcionar à definição de conceitos, identificação de lacunas nas áreas de estudos, revisão de teorias e análise metodológica dos estudos sobre um determinado tópico. Este método exige recursos, conhecimentos e habilidades para o seu desenvolvimento (GIL, 2018).

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Sinais de tempo contínuo e discreto

Na dinâmica matemática, o tempo discreto e o tempo contínuo são duas estruturas alternativas para modelar variáveis que evoluem ao longo do tempo. O tempo discreto vê os valores das variáveis como ocorrendo em "pontos no tempo" distintos e separados ou, de forma equivalente, como inalterados ao longo de cada região diferente de zero do tempo ("período de

tempo") - isto é, o tempo é visto como uma variável discreta (KELES *et al.*, 2017). Assim, uma variável não temporal salta de um valor para outro à medida que o tempo passa de um período de tempo para o seguinte. Esta visão do tempo corresponde a um relógio digital que dá uma leitura fixa de 10:37 por um tempo, e então salta para uma nova leitura fixa de 10:38, etc. Neste quadro, cada variável de interesse é medida uma vez em cada período de tempo. O número de medições entre quaisquer dois períodos de tempo é finito. As medições são normalmente feitas em valores inteiros sequenciais da variável "tempo" (PERES; OLIVEIRA, 2017).

Um sinal discreto ou sinal de tempo discreto é uma série de tempo que consiste em uma sequência de quantidades. Ao contrário de um sinal de tempo contínuo, um sinal de tempo discreto não é função de um argumento contínuo; entretanto, pode ter sido obtido por amostragem de um sinal de tempo contínuo. Quando um sinal de tempo discreto é obtido por amostragem de uma sequência em tempos uniformemente espaçados, ele tem uma taxa de amostragem associada (PHILLIPS; NAGLE, 2017).

Os sinais de tempo discreto podem ter várias origens, mas geralmente podem ser classificados em um de dois grupos: Ao adquirir valores de um sinal analógico em taxa constante ou variável. Este processo é chamado de amostragem; Observando um processo de tempo inerentemente discreto, como o valor de pico semanal de um indicador econômico específico (ANTHONY; GOVINDARAJAN, 2018).

Em contraste, o tempo contínuo vê as variáveis como tendo um valor específico por apenas um período de tempo infinitesimalmente curto. Entre quaisquer dois pontos no tempo, há um número infinito de outros pontos no tempo. A variável "tempo" abrange toda a linha de número real ou, dependendo do contexto, algum subconjunto dela, como os reais não negativos. Assim, o tempo é visto como uma variável contínua (BALLET; PARRO; ROMANO, 2014).

Um sinal contínuo ou um sinal de tempo contínuo é uma quantidade variável (um sinal) cujo domínio, que geralmente é o tempo, é um contínuo (por exemplo, um intervalo conectado de reais). Ou seja, o domínio da função é um conjunto incontável. A função em si não precisa ser contínua. Para contrastar, um sinal de tempo discreto tem um domínio contável, como os números naturais (DULLERUD; PAGANINI, 2013). Um sinal de amplitude e tempo contínuos é conhecido como sinal de tempo contínuo ou sinal analógico. Este (um sinal) terá algum valor a cada instante do tempo. Os sinais elétricos derivados em proporção com as grandezas físicas como temperatura, pressão, som etc. são geralmente sinais contínuos. Outros exemplos de sinais contínuos são onda senoidal, onda cosseno, onda triangular, etc (KELES *et al.*, 2017).

O sinal é definido em um domínio, que pode ou não ser finito, e há um mapeamento funcional do domínio para o valor do sinal. A continuidade da variável de tempo, em conexão com a lei da densidade dos números reais, significa que o valor do sinal pode ser encontrado em qualquer ponto arbitrário no tempo (PERES; OLIVEIRA, 2017).

Em muitas disciplinas, a convenção é que um sinal contínuo deve sempre ter um valor finito, o que faz mais sentido no caso de sinais físicos. Para alguns fins, singularidades infinitas são aceitáveis, desde que o sinal seja integrável em qualquer intervalo finito. Qualquer sinal analógico é contínuo por natureza. Os sinais de tempo discreto, usados no processamento digital de sinais, podem ser obtidos por amostragem e quantização de sinais contínuos. O sinal contínuo também pode ser definido em uma variável independente diferente do tempo. Outra variável



independente muito comum é o espaço e é particularmente útil no processamento de imagens , onde duas dimensões espaciais são usadas (PHILLIPS; NAGLE, 2017).

O tempo discreto é frequentemente empregado quando medidas empíricas estão envolvidas, porque normalmente só é possível medir as variáveis sequencialmente. Por exemplo, embora a atividade econômica realmente ocorra de forma contínua, não havendo nenhum momento em que a economia esteja totalmente paralisada, só é possível medir a atividade econômica de forma discreta. Por esse motivo, dados publicados sobre, por exemplo, produto interno bruto mostrarão uma sequência de valores trimestrais (ANTHONY; GOVINDARAJAN, 2018).

Quando se tenta explicar empiricamente tais variáveis em termos de outras variáveis e / ou seus próprios valores anteriores, usa-se séries temporais ou métodos de regressão em que as variáveis são indexadas com um subscrito indicando o período de tempo em que a observação ocorreu. Além disso, quando um pesquisador tenta desenvolver uma teoria para explicar o que é observado em tempo discreto, muitas vezes a própria teoria é expressa em tempo discreto para facilitar o desenvolvimento de uma série temporal ou modelo de regressão (BALLET; PARRO; ROMANO, 2014).

Por outro lado, muitas vezes é mais matematicamente tratável construir modelos teóricos em tempo contínuo e, frequentemente, em áreas como a física, uma descrição exata requer o uso de tempo contínuo. Em um contexto de tempo contínuo, o valor de uma variável  $y$  em um ponto não especificado no tempo é denotado como  $y(t)$  (DULLERUD; PAGANINI, 2013).

O tempo discreto faz uso de equações de diferença, também conhecidas como relações de recorrência. Uma variável medida em tempo discreto pode ser plotada como uma função degrau , em que cada período de tempo recebe uma região no eixo horizontal do mesmo comprimento que qualquer outro período de tempo, e a variável medida é plotada como uma altura que permanece constante durante todo a região do período de tempo. Nesta técnica gráfica, o gráfico aparece como uma sequência de etapas horizontais. Alternativamente, cada período de tempo pode ser visto como um ponto destacado no tempo, geralmente em um valor inteiro no eixo horizontal, e a variável medida é plotada como uma altura acima desse ponto do eixo do tempo (KELES *et al.*, 2017).

Nesta técnica, o gráfico aparece como um conjunto de pontos. Os valores de uma variável medida em tempo contínuo são plotados como uma função contínua , uma vez que o domínio do tempo é considerado todo o eixo real ou pelo menos alguma parte conectada dele (PERES; OLIVEIRA, 2017).

## Transformação da variável independente

As transformações são usadas para apresentar dados em uma escala diferente. A natureza de uma transformação determina como a escala da variável não transformada será afetada. Em aplicações de modelagem e estatísticas, as transformações são frequentemente usadas para melhorar a compatibilidade dos dados com as suposições subjacentes a um processo de modelagem, para linearizar a relação entre duas variáveis cuja relação é não linear ou para modificar a faixa de valores de uma variável. As transformações podem ser feitas para variáveis dependentes, variáveis independentes ou ambas (PHILLIPS; NAGLE, 2017). Embora as transformações possam resultar na melhoria de uma suposição de modelagem específica, como linearidade ou

homoscedasticidade, muitas vezes podem resultar na violação de outras. Portanto, as transformações devem ser usadas de forma iterativa, com verificação contínua de outras suposições de modelagem à medida que as transformações são feitas. É possível que uma melhoria em uma suposição de modelagem provocada por uma transformação possa resultar em uma violação mais séria de outro requisito de suposição do modelo (ANTHONY, R. N.; GOVINDARAJAN, 2018).

Outra dificuldade surge quando a resposta ou variável dependente  $Y$  é transformada. Nesses casos, um modelo resulta que é uma expressão estatística da variável dependente em uma forma que não era de interesse principal na investigação inicial, como o log de  $Y$ , a raiz quadrada de  $Y$  ou o inverso de  $Y$ . Em modelos estatísticos, as comparações devem sempre ser feitas na escala original não transformada de  $Y$ . Essas comparações se estendem às estatísticas de ajuste e aos exercícios de validação de modelo (BALLET; PARRO; ROMANO, 2014).

As transformações não refletem apenas suposições sobre a relação subjacente entre as variáveis, mas também a estrutura de erro subjacente do modelo. Por exemplo, as transformações exponenciais implicam uma estrutura de erro multiplicativa do modelo subjacente, e não uma estrutura de erro aditiva que é assumida na regressão linear (DULLERUD; PAGANINI, 2013).

Por exemplo, quando a função subjacente  $Y = a \exp(bX) + e$  é suspeita, uma transformação de log dará  $\ln(Y) = \ln(a \exp(bX) + e) = \ln[(a \exp(bX)) (1 + e / a \exp(bX))] = \ln(a) + bX + \ln(1 + e / a \exp(bX))$ . Embora o modelo seja realmente linear, o termo de erro claramente não é aquele especificado na regressão de mínimos quadrados ordinários. Na verdade, o termo de erro é uma função de  $X$ ,  $a$  e  $b$ , portanto, é multiplicativo. A conclusão desse resultado é que os termos de erro devem sempre ser verificados após as transformações serem feitas no modelo para garantir que eles ainda sejam compatíveis com as suposições de modelagem, que geralmente são normalidade e homoscedasticidade (constante) (KELES *et al.*, 2017).

As transformações em uma variável dependente mudarão a distribuição dos termos de erro em um modelo. Assim, a incompatibilidade de erros de modelo com uma distribuição assumida pode às vezes ser remediada com transformações da variável dependente (PERES; OLIVEIRA, 2017).

As não linearidades entre a variável dependente e uma variável independente muitas vezes podem ser linearizadas transformando a variável independente. As transformações em uma variável independente geralmente não alteram a distribuição dos termos de erro. Quando uma relação entre uma variável dependente e independente requer transformações extensas para atender aos requisitos de linearidade e distribuição de erro, frequentemente existem métodos alternativos para estimar os parâmetros da relação, a saber, regressão não linear e modelos de regressão generalizados (PHILLIPS; NAGLE, 2017).

Os intervalos de confiança calculados nas variáveis transformadas precisam ser calculados pela transformação de volta às unidades originais de interesse. Os modelos podem e devem ser comparados apenas nas unidades originais da variável dependente, e não nas unidades transformadas. Assim, os testes de previsão de qualidade de ajuste e similares devem ser calculados usando as unidades originais (ANTHONY; GOVINDARAJAN, 2018).

## Funções impulso unitário e degrau unitário

Além dos sinais senoidais e exponenciais discutidos na aula anterior, outros sinais básicos importantes são o passo da unidade e o impulso da unidade. Nesta aula, discutimos esses sinais e, em seguida, procedemos a uma discussão de sistemas, primeiro em geral e depois em termos de várias classes de sistemas definidos por propriedades específicas do sistema. O passo unitário, tanto para tempo contínuo quanto discreto, é zero para tempo negativo e unidade para tempo positivo. No tempo discreto, o passo unitário é uma sequência bem definida, enquanto no tempo contínuo há a complicação matemática de uma descontinuidade na origem. Uma distinção semelhante se aplica ao impulso unitário (BALLET; PARRO; ROMANO, 2014).

No tempo discreto, o impulso unitário é simplesmente uma sequência zero, exceto em  $n = 0$ , onde é a unidade. Em tempo contínuo, ele se comporta um tanto mal matematicamente, sendo de altura infinita e largura zero, mas tendo uma área finita. O passo da unidade e o impulso da unidade estão intimamente relacionados. Em tempo discreto, o impulso unitário é a primeira diferença do passo unitário, e o passo unitário é a soma corrente do impulso unitário. Correspondentemente, em tempo contínuo, o impulso unitário é a derivada do passo unitário e o passo unitário é a integral de execução do impulso (DULLERUD; PAGANINI, 2013).

O fato de ser uma primeira diferença e uma soma contínua que relaciona o passo e o impulso em tempo discreto e uma derivada e integral contínua que os relaciona em tempo contínuo não deve ser mal interpretado para significar que uma primeira diferença é uma boa "representação" de uma derivada ou que uma soma corrente é uma boa "representação" de uma integral corrente. Em vez disso, para esta situação particular, essas operações desempenham papéis correspondentes em tempo contínuo e em tempo discreto (KELES *et al.*, 2017).

Como indicado acima, há uma variedade de dificuldades matemáticas com o passo unitário de tempo contínuo e impulso unitário que não tentamos abordar cuidadosamente nestas aulas. Este tópico é tratado formalmente matematicamente por meio do uso do que chamamos de funções generalizadas, que é um nível de formalismo muito além do que exigimos para nossos propósitos. A ideia essencial, entretanto, é que o aspecto importante dessas funções, em particular do impulso, não é qual é seu valor em cada instante de tempo, mas como ele se comporta sob integração (PERES; OLIVEIRA, 2017).

Em sua forma mais geral, os sistemas são difíceis de lidar analiticamente porque não têm propriedades particulares para explorar. Em outras palavras, os sistemas gerais são simplesmente gerais demais. Definimos, discutimos e ilustramos uma série de propriedades do sistema que consideraremos úteis para referir-se e explorar à medida que as aulas prosseguem, entre elas memória, invertibilidade, causalidade, estabilidade, invariância no tempo e linearidade. Os dois últimos, linearidade e invariância no tempo, tornam-se particularmente significativos a partir deste ponto (PHILLIPS; NAGLE, 2017).

De forma surpreendente, como veremos, o simples fato de saber que um sistema é linear e invariante no tempo nos proporciona uma gama incrivelmente poderosa de ferramentas para analisá-lo e representá-lo. Embora nem todos os sistemas tenham essas propriedades, muitos têm, e aqueles que têm são geralmente mais fáceis de entender e implementar. Consequentemente, tanto os sistemas de tempo contínuo quanto os de tempo discreto que são lineares e variantes no tempo tornam-se extremamente significativos no projeto, implementação e análise

de sistema em uma ampla gama de aplicações (ANTHONY; GOVINDARAJAN, 2018).

## Propriedades básicas de um sistema

Um sistema com memória tem saídas que dependem de entradas anteriores (ou futuras).

- Exemplo de um sistema com memória:

$$y(t) = x(t - \pi)$$

- Exemplo de sistema sem memória:

$$y(t) = x(t)$$

Um sistema invertível é aquele em que existe uma correlação um-para-um entre entradas e saídas.

- Exemplo de um sistema invertível :

$$y(t) = x(t)$$

- Exemplo de um sistema não invertível :

$$y(t) = |x(t)|$$

No segundo exemplo, tanto  $x(t) = -3$  e  $x(t) = 3$  produzem o mesmo resultado.

Um sistema causal tem saídas que dependem apenas das entradas atuais e / ou anteriores.

- Exemplo de um sistema causal :

$$y(t) = x(t) + x(t - 1)$$

Exemplo de um sistema não causal :

$$y(t) = x(t) + x(t + 1)$$

Existem muitos tipos de estabilidade, para este curso, primeiro consideramos a estabilidade BIBO (Bounded Input Bounded Output). Um sistema é BIBO estável se, para todas as entradas limitadas ( $\exists B, \epsilon > 0, |x(t)| < B$ ), a saída também é limitada ( $|y(t)| < \infty$ )

Um sistema é invariante no tempo se uma mudança no domínio do tempo corresponder à mesma mudança na saída.

- Exemplo de um sistema invariante no tempo :

$$y_1(t) = x_1(t) \mapsto y_2(t - t_0) = x_2(t - t_0)$$

- Exemplo de um sistema de variação de tempo :

$$y_1(t) = \sin(t) x_1(t) \mapsto y_2(t - t_0) = \sin(t) x_2(t - t_0)$$

No primeiro exemplo,  $y_2$  é a versão deslocada de  $y_1$ . Isso não é verdade para o segundo exemplo.

Um sistema é linear se a propriedade de superposição for mantida, ou seja, as combinações lineares de entradas levam às mesmas combinações lineares das saídas. Um sistema com entradas  $x_1$  e  $x_2$  e saídas correspondentes  $y_1$  e  $y_2$  é linear se:  $ax_1 + bx_2 = ay_1 + by_2$  para quaisquer constantes  $a$  e  $b$ .

- Exemplo de um sistema linear :

$$y(t) = 10x(t)$$

- Exemplo de um sistema não linear :

$$y(t) = x(t)^2$$

## METODOLOGIA DA PESQUISA

Tratou-se de revisão da literatura, baseando-se na busca de artigos publicados entre 2013 a 2021. As bases de dados utilizadas serão: PUBMED, CAPES, SCIELO e Google Acadêmico. Os descritores utilizados para a busca foram: Análise; Sistemas; Sinais. Os critérios de inclusão utilizados serão: artigos que respondessem à questão de metodologia de projeto, e os critérios de exclusão foram: editoriais, artigos de revisão da literatura e artigos que não respondessem à questão de outras metodologias proposto por este estudo.

A pesquisa é o conjunto de procedimentos sistemáticos, baseado no raciocínio lógico, que tem por objetivo encontrar soluções para problemas propostos, mediante a utilização de métodos científicos. Quanto aos objetivos, a pesquisa divide-se em exploratória, descritiva e explicativa. Analisando os objetivos da pesquisa serão utilizadas as pesquisas exploratórias e descritivas.

O tipo do estudo é uma revisão bibliográfica, pesquisas do tipo tem o objetivo primordial à exposição dos atributos de determinado fenômeno ou afirmação entre suas variáveis. Assim, recomenda-se que apresente características do tipo: analisar a atmosfera como fonte direta dos dados e o pesquisador como um instrumento interruptor; não agenciar o uso de artifícios e métodos estatísticos, tendo como apreensão maior a interpretação de fenômenos e a imputação de resultados, o método deve ser o foco principal para a abordagem e não o resultado ou o fruto, a apreciação dos dados deve ser atingida de forma intuitiva e indutivamente através do pesquisador.

Quanto à abordagem do estudo, tendo em consideração os objetivos definidos, considerou-se mais adequada a adoção de uma metodologia qualitativa. Vários estudos os quais empregam assim uma metodologia qualitativa podem descrever a complexidade de determinado problema, analisar a interação de certas variáveis, compreender e classificar processos dinâmicos vividos por grupos sociais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os conceitos de sinais e sistemas aparecem em vários campos, e as ideias e técnicas associadas a esses conceitos desempenham um papel importante em vários campos da ciência e tecnologia, como comunicações, aeronáutica e astronáutica, design de circuitos, acústica,

sismologia, biomédica engenharia, geração de energia e sistemas de distribuição, controle de processos químicos e processamento de voz (BALLET; PARRO; ROMANO, 2014).

Embora a natureza física dos sinais e sistemas gerados nessas diferentes disciplinas possam diferir muito, eles compartilham duas características básicas em comum. Os sinais, que são funções de uma ou mais variáveis independentes, contêm informações sobre o comportamento ou a natureza de certos fenômenos, enquanto os sistemas respondem a sinais específicos, produzindo outros sinais ou um comportamento desejado. Tensão e corrente versus tempo em um circuito é um exemplo de sinal, e um circuito em si é um exemplo de sistema que, neste caso, responde à tensão e corrente aplicadas (DULLERUD; PAGANINI, 2013).

Outro exemplo, quando o motorista de um carro pressiona o pedal do acelerador, o carro responde aumentando a velocidade. Nesse caso, o sistema é o carro, a pressão no pedal do acelerador é a entrada do sistema e a resposta é a velocidade do veículo. Um programa de computador para o diagnóstico automático de um EKG pode ser pensado como um sistema cuja entrada é um EKG digitalizado e gera estimativas de parâmetros como frequência cardíaca como saída (KELES *et al.*, 2017).

Uma câmera é um sistema que captura luz de uma variedade de fontes, incluindo objetos refletidos, e produz uma imagem. Um braço robótico é um sistema cujo movimento é em resposta às entradas de controle. Nos muitos contextos em que os sinais e sistemas aparecem, existem várias questões e questões importantes. Em alguns casos, estamos familiarizados com um sistema Prolog específico e queremos descrever seus recursos em detalhes para entender como ele reagirá a várias entradas (PERES; OLIVEIRA, 2017).

Os exemplos incluem a análise de um circuito para quantificar sua resposta a diferentes fontes de tensão e corrente; e determinar as características de resposta da aeronave aos controles do piloto e às rajadas de vento. Em outros problemas e sistemas de análise de sinal, em vez de analisar os sistemas existentes, nosso interesse pode se concentrar em projetar sistemas para processar sinais de maneiras específicas. Um contexto muito comum em que esses problemas surgem é no projeto de sistemas para melhorar ou restaurar sinais que foram degradados de alguma forma (PHILLIPS; NAGLE, 2017).

Por exemplo, quando o piloto se comunica com a torre de controle de tráfego aéreo, a comunicação pode ser prejudicada devido aos altos níveis de ruído na cabine. Neste caso, e em muitos casos semelhantes, é possível conceber sistemas que retêm o sinal pretendido - neste caso a voz do piloto - e (pelo menos aproximadamente) rejeitam o sinal indesejado, nomeadamente o ruído. Um conjunto semelhante de objetivos também pode ser encontrado na área geral de restauração e aprimoramento de imagens (ANTHONY; GOVINDARAJAN, 2018).

Por exemplo, imagens de sondas espaciais ou satélites de observação da Terra frequentemente representam versões degradadas da cena apresentada, devido a limitações no equipamento de imagem, efeitos atmosféricos e erros de transmissão de sinal durante a operação. Portanto, as imagens retornadas do espaço são frequentemente processadas por sistemas para compensar parte dessa degradação. Além disso, essas imagens são frequentemente processadas para melhorar certas características, como linhas (por exemplo, correspondendo a leitos de rios ou falhas geológicas) ou os limites de áreas com alto contraste de cor ou brilho (BALLET; PARRO; ROMANO, 2014).

Além de aprimoramento e recuperação, em muitas aplicações é necessário projetar sis-

temas para extrair informações específicas dos sinais. Um exemplo é a estimativa da frequência cardíaca de uma máquina de EKG. Outro exemplo são as previsões econômicas. Por exemplo, podemos desejar analisar o histórico de uma série de tempo econômica, como um conjunto de médias de estoque, para estimar tendências e outras características, como variações sazonais, que podem ser úteis para fazer previsões sobre o comportamento futuro (DULLERUD, G. E.; PAGANINI, 2013).

Em outras aplicações, o foco pode estar no projeto de sinais com propriedades específicas. Especificamente, em aplicações de comunicação, as pessoas atribuem grande importância ao design do sinal para atender às restrições e requisitos de uma transmissão bem-sucedida. Por exemplo, a comunicação de longa distância através da atmosfera requer o uso de sinais com frequências em partes específicas do espectro eletromagnético (KELES *et al.*, 2017).

O projeto dos sinais de comunicação também deve considerar a necessidade de recepção confiável na presença de distorção causada pela transmissão através da atmosfera e interferência de outros sinais transmitidos simultaneamente por outros usuários. Outra categoria de aplicações muito importante, na qual aparecem os conceitos e tecnologias utilizadas para analisar sinais e sistemas, são aquelas aplicações que desejamos modificar ou controlar as características de um determinado sistema, talvez selecionando sinais de entrada específicos ou combinando o sistema com outros sistemas (PERES; OLIVEIRA, 2017).

Um exemplo de tal aplicação é o projeto de sistemas de controle para regular plantas de processamento químico. Este tipo de fábrica é equipado com vários sensores para medir sinais físicos como temperatura, umidade e composição química. O sistema de controle neste tipo de fábrica responde aos sinais do sensor ajustando a taxa de fluxo e a temperatura para ajustar o processo químico em andamento. O projeto de pilotos automáticos de aeronaves e sistemas de controle de computador representa outro exemplo (PHILLIPS; NAGLE, 2017).

Nesse caso, o sistema de controle da aeronave usa sinais que medem a velocidade, altitude e rumo da aeronave para ajustar variáveis como aceleração e posições do leme e do aileron. Esses ajustes são feitos para garantir que a aeronave siga a rota designada, para tornar a viagem da aeronave mais suave e para melhorar a capacidade de responder aos comandos do piloto. Neste caso e no exemplo anterior de controle de processo químico, um conceito importante chamado feedback desempenha um papel fundamental, porque o sinal de medição é realimentado e usado para ajustar as características de resposta do sistema (ANTHONY; GOVINDARAJAN, 2018).

Os exemplos citados nos parágrafos anteriores representam apenas uma pequena parte da gama extremamente ampla de aplicações de conceitos de sinal e sistema. A importância desses conceitos não vem apenas da diversidade dos fenômenos e processos que eles aparecem, mas também de um grande número de ideias existentes, técnicas de análise e métodos que estão sendo desenvolvidos e usados para resolver problemas envolvendo sinais e sistemas (BALLET; PARRO; ROMANO, 2014).

A importância desses conceitos advém não só da diversidade dos fenômenos e processos que aparecem, mas também do grande número de ideias, técnicas e métodos de análise que existem e estão sendo desenvolvidos e utilizados para resolver problemas envolvendo sinais e sistemas. A história desse desenvolvimento pode ser traçada há vários séculos e, embora a

maior parte do trabalho seja impulsionada por aplicações específicas, muitas dessas ideias provaram ser de importância vital para uma gama mais ampla de questões do que originalmente abordadas. de propósito (DULLERUD; PAGANINI, 2013).

Por exemplo, as ferramentas de análise de Fourier formam a base da análise do domínio do sinal e da frequência do sistema. Por exemplo, ao analisar circuitos e sistemas mecânicos, estamos preocupados com a constante mudança de sinais. Por outro lado, a média de fechamento diário do mercado de ações é, por sua própria natureza, um sinal que evolui em momentos discretos (ou seja, no fechamento de cada dia). A média de fechamento do mercado de ações não é uma curva em função de uma variável contínua, mas uma sequência de números associados a momentos discretos em um determinado tempo (KELES *et al.*, 2017).

Essa diferença entre a descrição básica da evolução do sinal e os sistemas que respondem ou processam esses sinais naturalmente leva a duas estruturas paralelas para analisar sinais e sistemas. Um fenômeno e processo usado para descrever em tempo contínuo. Os conceitos e tecnologias relacionados a sinais e sistemas de tempo contínuo e sinais e sistemas de tempo discreto têm uma história rica e estão intimamente relacionados em conceito (PERES; OLIVEIRA, 2017).

No entanto, historicamente, como seus aplicativos anteriores são um tanto diferentes, na maioria dos casos, eles são pesquisados e desenvolvidos de forma independente. Sinais e sistemas de tempo contínuo têm raízes fortes em problemas relacionados à física e sinais e sistemas xxii e, no passado recente, estiveram relacionados a circuitos e comunicações (PHILLIPS; NAGLE, 2017).

A tecnologia de sinais e os sistemas de tempo discreto têm raízes profundas na análise numérica, estatística e de séries temporais relacionadas à análise de dados econômicos e demográficos. No entanto, nas últimas décadas, os campos de sinais e sistemas de tempo contínuo e discreto tornaram-se cada vez mais interligados e as aplicações estão altamente correlacionadas. Sua principal motivação vem dos incríveis avanços na tecnologia de implementação de sistemas e geração de sinais (ANTHONY; GOVINDARAJAN, 2018).

Especificamente, o desenvolvimento contínuo de computadores digitais de alta velocidade, circuitos integrados e tecnologias complexas de fabricação de dispositivos de alta densidade permitiu que o processamento de sinal em tempo contínuo fosse expresso como amostras ao longo do tempo (ou seja, convertendo-os em sinais de tempo discreto). Por exemplo, o sistema de controle do computador de aeronaves modernas de alto desempenho digitaliza a saída do sensor (como a velocidade do veículo) para gerar uma série de medições amostradas, que são então processadas pelo sistema de controle (BALLET; PARRO; ROMANO, 2014).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tempo passa paralelamente. Como muitos conceitos são semelhantes (mas não idênticos), processá-los em paralelo pode compartilhar *insights* e intuição, e as semelhanças e diferenças entre eles serão mais concentradas. Além disso, conforme o conteúdo de nossos materiais de leitura se torna óbvio, alguns conceitos são mais fáceis de entender em um quadro do que em outro e, uma vez compreendido, a ideia é fácil de transferir.



Além disso, esse processamento paralelo promove muito a nossa compreensão do ambiente prático muito importante que combina tempo contínuo e tempo discreto, ou seja, a amostragem de sinais de tempo contínuo e o processamento de sinais de tempo contínuo usando sistemas de tempo discretos. Os conceitos de sinais e sistemas são conceitos muito gerais. No entanto, neste nível de generalidade, apenas uma declaração abrangente das propriedades dos sinais e sistemas pode ser feita, e suas características só podem ser discutidas nos termos mais básicos.

Por outro lado, um conceito básico e importante de sinais e sistemas de processamento é que, ao selecionar cuidadosamente cada subcategoria e, em seguida, explorar subcategorias com propriedades específicas, podemos analisar e caracterizar esses sinais e sistemas com mais profundidade. A definição de tal linearidade e invariância de tempo leva a um conceito e técnica convincentes que não apenas têm um significado prático importante, mas também são fáceis de manusear analiticamente e intelectualmente benéficos.

A análise de sinal e sistema tem uma longa história, na qual algumas técnicas e princípios básicos surgiram com aplicações extremamente amplas. Na verdade, a análise de sinais e sistemas está em constante evolução e evolução em resposta a novos problemas, tecnologias e oportunidades.

## REFERÊNCIAS

ANTHONY, R. N.; GOVINDARAJAN, V. Sistemas de controle gerencial. [S.l.]: AMGH Editora, 2018.

BALLET, R.; PARRO, V. C.; ROMANO, R. A. Uma plataforma didática para simulação e controle embarcado de veículos quadrimotores. 2014.

DULLERUD, G. E.; PAGANINI, F. A course in robust control theory: a convex approach. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2013. v. 36.

KELES, N. A. *et al.* Módulos didáticos para o ensino e análise e controle de sistemas dinâmicos. In: Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente. [S.l.: s.n.], 2017.

PERES, P. L. D.; OLIVEIRA, R. C. L. F. Análise e controle de sistemas lineares por desigualdades matriciais lineares (lmis). Notas de Aula. 2017.

PHILLIPS, C. L.; NAGLE, H. T. Digital control system analysis and design. [S.l.]: Prentice Hall Press, 2017.



**AYA EDITORA**  
**2021**